

Принципы функционирования организма человека при работе в условиях с повышенной опасностью

В. В. Кальниш

ГУ «Институт медицины труда НАМН Украины», Киев

Резюме

Введение. Объективное существование для ряда профессий с повышенной опасностью комплекса сильнодействующих вредных по своей природе информационных факторов делает актуальным детальное рассмотрение их влияния на организм человека и требует дополнительного привлечения подходов, направленных на анализ действия «экстремальных» механизмов взаимодействия организма с окружающей средой. При уточнении влияния таких механизмов важно, прежде всего, сформулировать ряд принципов — ключевых исходных понятий, основанных на фундаментальных положениях биологической и медицинской науки.

Цель работы. Обсуждение роли «экстремальных» принципов, объясняющих механизмы функционирования организма человека в условиях действия интенсивных информационных факторов трудовой среды.

Результаты. Сформулирован «принцип оптимальности», выделяющий зону допустимых уровней оптимальной работы организма, отклонение от которых свидетельствует о действии на организм экстремальных факторов среды. Рассмотрен ряд принципов («принцип выживания», «принцип минимизации неожиданностей», «принцип минимизации энергозатрат», «принцип изменения энтропии», «принцип необходимого разнообразия»), действие которых проявляется в экстремальных условиях трудовой среды путем подключения дополнительных физиологических механизмов, способствующих противодействию их влиянию. Физиологические механизмы, детерминирующие деятельность при работе в условиях с повышенной опасностью, имеют системный характер и действуют в комплексе с механизмами, функционирующими в комфортных условиях.

Ключевые слова: трудовая деятельность; экстремальные условия среды; принципы функционирования организма; информационные факторы; функциональные резервы.

Клін. інформат. і Телемед. 2017. Т.12. Вип.13. с.20–29. <https://doi.org/10.31071/kit2017.13.03>

Введение

Особенности поведения живой системы отображают не только ее внутреннюю структуру и функции, но и влияние внешних факторов, воздействующих на данную систему. Как правило, эти факторы имеют допустимые для данной системы характеристики и не оказывают существенного влияния на ее деятельность. Но в случае значительного превышения нормативных значений уровней таких факторов, закономерности реализации активности системы резко изменяются. Возможно, в этом случае начинают работать другие, так называемые, «экстремальные» механизмы, основное исходное положение которых отражено в принципах разрабатываемой теории функционирования организма в экстремальных условиях. Впрочем, такие механизмы бывают некоторым образом задействованы и в нормативных условиях жизнедеятельности организма. Однако при значительном усилении роли вредных факторов среды они приобретают существенно больший вес.

Следует признать, что современный гигиенический подход к оценке действия информационных факторов среды, определяющий напряженность труда, несколько отстал от сложившихся реалий. Это связано с тем, что в существующем нормативном документе («Гигиеническая классификация труда ...», 2014) напряженность труда при действии вредных факторов значительного уровня в принципе нельзя оценить выше, чем 3.3 класс вредности. Следовательно, действие информационных факторов высокой интенсивности (а именно они, в основном, определяют уровень напряженности труда при работе в условиях с повышенной опасностью) остаются

неучтенными или искусственно занижается их роль. Например, среди ряда профессий с повышенной опасностью особо выделяются факторы, которые способствуют формированию сильных эмоций. Поэтому у представителей таких профессий как пожарный, ликвидатор чрезвычайных ситуаций, взрывник и других по этой причине не может быть осуществлена адекватная оценка напряженности их труда.

Особо следует признать, что при рассмотрении современной профессиональной деятельности необходимо оперативно решить сложную проблему, связанную с оценкой напряженности труда военнослужащих, находящихся в условиях боевых действий [17]. Печальные последствия воздействия на них сверхсильной эмоциональной нагрузки связаны с нарастанием числа лиц с психическими и соматическими расстройствами, что влечет за собой большие социальные и экономические потери.

Такое положение дел приводит к парадоксальной ситуации, характеризующейся, с одной стороны, объективным существованием экстремальных вредных информационных факторов, а с другой, невозможностью их адекватного оценивания по существующим нормативным документам. Одной из важных причин появления такой ситуации является занижение роли информационного фактора при оценке вредности профессиональной деятельности большого числа работников [6]. Для некоторых видов деятельности (например, у военнослужащих) ситуация усугубляется еще и тем, что вследствие действия методических и организационных причин в принципе нельзя адекватно учесть действие сверхсильных информационных и эмоциональных нагрузок в процессе проведения боевых операций на организм, что, в частности, сказывается на разработке алгоритма восстановления

физического состояния бойцов после прекращения действия факторов боевого стресса [18]. Это дополнительно исключает из поля влияния современной «Гигиенической классификации труда ...» 2014 года большую когорту людей, деятельность которых связана с повышенной опасностью.

Таким образом, объективное существование для определенного ряда профессий с повышенной опасностью комплекса сильнодействующих вредных по своей природе информационных факторов делает актуальным детальное рассмотрение их влияния на организм человека. С другой стороны, более глубокий анализ действия комплекса указанных факторов, требует дополнительного привлечения иных подходов, среди которых перспективным является рассмотрение так называемых «экстремальных» механизмов, обеспечивающих взаимодействие организма с окружающей средой. Наличие острой необходимости учета существования этих механизмов связано с первостепенной для живого организма целью выживания в условиях действия агрессивной информационной и физической среды. По всей видимости, «экстремальные» механизмы играют определенную роль и в условиях комфортного жизнеобеспечения профессиональной деятельности. Но в критических условиях деятельности проявление этих механизмов способствует выживанию организма. Вместе с тем, при уточнении влияния таких механизмов важно, прежде всего, сформулировать ряд принципов — ключевых исходных положений теории функционирования организма в условиях действия экстремальных факторов, основанных на фундаментальных положениях биологической и медицинской науки.

Поэтому **целью** настоящей работы явилось обсуждение роли «экстремальных» принципов, объясняющих механизмы функционирования организма человека в условиях действия интенсивных информационных факторов трудовой среды.

Результаты и обсуждение

Трудовая деятельность каждого человека не может протекать абсолютно гладко. В ней встречаются стадии постепенной эволюционной перестройки функциональных возможностей работника, а также периоды быстрого революционного преобразования уровня напряжения подсистем его организма, вызванных резким изменением условий деятельности и, следовательно, радикально изменяющих его функциональное состояние. Когда под действием внешних условий центральные механизмы внутрисистемной регуляции организма уже не имеют возможности адекватно осуществлять в нем необходимые изменения для обеспечения нормального функционирования, вероятно, должны подключаться иные механизмы, обеспечивающие совместимость деятельности его подсистем. С большой степенью уверенности можно думать, что уже в недрах самого организма потенциально имеются механизмы, которые в случае надобности включаются в процесс приспособления к резко изменившимся условиям его существования. В биологии такие скрытые механизмы адаптации к условиям, которых еще нет, но которые потенциально могут появиться, обозначаются словом *преадаптация*.

Еще французский зоолог и основатель палеонтологии Ж. Кювье [11] показал, что плавное течение жизни на Земле многократно прерывалось катастрофическими изменениями, после которых природная картина быстро и кардинально изменялась. Поэтому без наличия в живой природе механизмов готовности к вероятному «нетрадиционному» выживанию некоторых организмов жизнь на планете давно бы угасла. Объективное существование подобного выживания не противоречит дарвинизму, но несколько расширяет картину эволюции, поскольку и в этом случае продолжают жить только более приспособленные к новым условиям индивиды.

На организменном уровне такие механизмы осуществления преадаптации реализуются в условиях действия экстремальных факторов трудовой среды. Еще в 1917 году И. П. Павлов описал новый безусловный рефлекс, который свойственен всем животным. Суть этого рефлекса состоит в том, что животное, встретив любое препятствие, старается его преодолеть. И. П. Павлов назвал этот рефлекс «рефлексом свободы». Он писал: «Конечно, рефлекс свободы есть общее свойство, общая реакция животных, один из важнейших врожденных рефлексов. Не будь его, всякое малейшее препятствие, которое встречало бы животное на своем пути, совершенно прерывало бы течение его жизни.» [14, с. 78]. По мнению П. В. Симонова филогенетической предпосылкой волевого поведения является «рефлекс свободы» [13]. Именно этот рефлекс является самостоятельной формой поведения, для которой препятствие может служить адекватным стимулом. В этом случае собственно характер преграды, а не потребность стоящая перед животным, вырабатывают определенную структуру действий, которые отыскиваются им в процессе избирания варианта поведения, необходимого для достижения цели.

Информационная природа «рефлекса свободы» неоспорима. В таком случае не только материальная потребность, а именно преграда, которая, в частности, может носить исключительно информационный характер является ключевым моментом формирования «рефлекса свободы». На поведенческом уровне суть эффективного преодоления критического состояния, вызванного наличием экстремальных факторов трудовой среды, состоит в экстренной переделке своих реакций, которая должна привести к выходу из зоны влияния или ослабления действия этих факторов. С другой стороны, непреодолимое препятствие также имеет свое решение в виде отказа от целенаправленных действий по его преодолению, формированию соответствующей патологии или гибели организма.

Для определения границ, когда создавшиеся условия трудовой среды могут считаться экстремальными, необходимо привлечь следующие соображения. Жизнедеятельность любого организма связана с постоянным приспособлением к изменениям параметров внешней среды. Как указывал Р. Розен, по мнению И. П. Павлова живой организм может благополучно существовать только в условиях постоянной гармонизации его внутреннего состояния и состояния внешней среды, проявляющихся в его адаптационных возможностях, которые являются одной из важнейших особенностей живой системы. Эта гармонизация обеспечивается надсистемными механизмами дарвиновского естественного отбора. Предполагается, что в результате естественного отбора, организмы совместно пребывающие достаточно долгое время в определенной стабильной совокупности окружающих условий, будут постепенно приобретать такие конструктивные черты, которые являются оптимальными для этих условий [15]. Иными словами, организмы будут формировать такие конструкты, организации своей жизнедеятельности, которые в конкретной среде наверняка приобретут позитивные качества в условиях конкуренции с соперниками.

В случае рассмотрения деятельности отдельного организма имеется четкий физиологический механизм селекции уравновешенных состояний, основанный на функционировании акцептора результатов действия, описанного в теории функциональных систем П. К. Анохина [1]. В этой теории также рассмотрен путь оптимизации состояний организма в сложившихся обстоятельствах относительно получения потребного результата.

В неживой природе принцип оптимизации также достаточно распространен. Еще Аристотель предполагал, что «природа ничего не делает напрасно и во всех своих проявлениях избирает кратчайший или легчайший путь» [21]. Имеются данные о сформулированном П. Ферма принципе наименьшего

времени, указывающем, что луч света двигается из начальной точки в конечную точку по пути, минимизирующему время его движения и принципе наименьшего действия У. Р. Гамильтона, постулирующем способ получения уравнений движения физической системы при помощи поиска наименьшего стационарного значения специального функционала в классической механике.

Таким образом, *принцип оптимальности* имеет универсальную природу и не зависит от того живой или неживой объект исследуется. Этот принцип дает основание для понимания фундамента появления и механизмов поддержания равновесия в сложных системах различной природы.

Для реализации принципа оптимальности в живом организме имеется специальный механизм, накапливающий и использующий по мере необходимости его, так называемый, резервный потенциал. Резервный потенциал организма создает запас его прочности на случай появления неадекватных на него воздействий. Известно, что адаптационные возможности организма определяются объемом его функциональных резервов, которые постоянно расходуются на поддержание равновесия между организмом и средой. Жизнестойкость организма зависит не только от уровня и скорости потребления функциональных резервов, но и характеризуется скоростью и возможностью их восстановления. Модифицируя определение авторов [12], под жизнестойкостью можно понимать свойство организма человека выдерживать стрессовую ситуацию, сохраняя при этом внутреннюю сбалансированность функционирования его систем и реализовывать при этом высокую успешность деятельности. Психофизиологическая оценка уровня проявления этого свойства может осуществляться с привлечением оценок деятельности различных функций организма в комфортных и напряженных ситуациях, а также с помощью специальных опросников.

Благодаря включению регуляторных механизмов осуществляется перестройка параметров внутренней среды организма для приведения ее в соответствие с внешними условиями и восстановления использованных функциональных резервов. Если организм в процессе своей деятельности не претерпевает существенных нарушений в своем функционировании, человек чувствует себя комфортно, и его реакции не превышают параметры нормы адаптации, то свойства его физического и умственного благосостояния определяет характеристика жизнестойкости, которая формируется в результате активации процессов адаптации и адекватного использования функциональных резервов организма. Как известно, норма адаптации определяет область существования таких условий среды, в пределах которых еще имеется возможность нормального функционирования живой системы, т. е. те границы, при которых в системе еще гармонично работают ее адаптационные механизмы. Выход за пределы нормы адаптации, при длительном или очень интенсивном действии вредных факторов среды, ведет к разрушению организма.

В общем виде такое функционирование организма подчиняется действию комплекса механизмов оптимальности, с помощью которых можно оценить уровень жизнестойкости организма. Этот уровень не является константой. Он постоянно претерпевает динамические изменения под действием ряда причин, среди которых можно назвать генетическую предопределенность к выполнению данной работы, условия, содержание и режимы деятельности, возраст, состояние здоровья, степень тренированности организма к перенесению соответствующих перегрузок и исходное функциональное состояние работника. Поэтому жизнестойкость достаточно сильно связана с уровнем функциональных резервов организма. При наличии чрезвычайных нагрузок осуществляется перманентное перераспределение возможностей организма к деятельности, обеспечивающих его жизнестойкость. Иными

словами границы адекватной жизнестойкости расширяются при тренировке функций, а длительное отсутствие нагрузок, наоборот, сужает эти границы. С возрастом и при длительном воздействии неблагоприятных факторов механизм обеспечения жизнестойкости организма приобретает новые черты.

Благополучие и неблагополучие организма при выполнении работы имеют достаточно четкие границы. Для описания адаптивного поведения живой системы в стационарном состоянии уместно применить *принцип изменения энтропии*. Этот принцип соблюдается в организме при отсутствии каких-либо экстремальных воздействий на него внешней среды, когда отдельные функции системы флуктуируют в какой-то мере автономно одна от другой в достаточно узких пределах нормы для каждой из характеристик жизнедеятельности организма. Объективное существование такого эффекта подтверждается, например, фактом отсутствия корреляционной зависимости между различными показателями функционального состояния организма и надежностью деятельности у операторов при выполнении работ средней интенсивности [5]. Вместе с тем, при выполнении монотонной работы или работы, связанной с интенсивной переработкой информации, достоверная связь между указанными характеристиками проявляется, что указывает на присутствие повышенного рабочего напряжения организма оператора. С другой стороны, наличие «мозаичности» трансформации различных психофизиологических параметров с течением времени у лиц, работающих в условиях, отдаленных от экстремальных уровней, свидетельствует о рациональном режиме функционирования организма.

Из этого вытекает положение, что в стационарном состоянии, то есть без действия экстремальных факторов, живая система стремится сохранить энтропию неизменной во времени. Иными словами, только действие экстремальных внешних или внутренних факторов приводит к такой синхронизации работы компонентов системы, когда энтропия деятельности составляющих системы уменьшается благодаря синхронизации изменений различных ее функций.

Радикальное изменение поведения человека при воздействии на него экстремальных факторов, проявляется после достижения некоторой границы. Эта граница характеризуется разными параметрами, которые в определенных ситуациях оцениваются как различные индивидуально-типологические качества человека. В частности, скорость переработки информации одной модальности имеет границу, которая определяется таким свойством нервной системы как лабильность. Если скорость переработки информации еще допустима для данного человека, то эта зона определяется меньшей, чем уровень лабильности нервных процессов. В подобном случае констатируется, что человек находится в нормальном состоянии и его функциональных резервов вполне достаточно для адекватного выполнения профессиональных заданий. В противном случае темп подачи заданий необходимо снизить или же, в противном случае могут заработать другие механизмы, связанные с допущением большого числа ошибок и снижения функционального состояния до того уровня, когда появляются предпосылки для развития предпатологии или патологии. Если за показатель принять переработку разномодальной информации, то здесь критериальной границей может служить уровень функциональной подвижности нервных процессов. В случае низких значений интенсивности предъявления этих сигналов, лица с любой функциональной подвижностью работают в нормативном режиме. При интенсификации режимов работы становится важной индивидуальная граница функциональной подвижности, когда ее превышение приводит к необходимости подключения других механизмов переработки информации и регуляции функционального состояния работника. Сила нервных процессов является регулятором длительности качественного выполнения работы. Если показатель работоспособности

не изменяется с течением времени, функциональное состояние человека находится в пределах устойчивого неравновесия. В момент, когда показатель работоспособности достоверно снижается, можно говорить о границе, характеризующей уровень силы нервных процессов. Еще один фундаментальный показатель, определяющий устойчивость индивида к выполнению однородной работы определяет возможность развития состояния монотонии.

Необходимо отметить, что в биологической науке достаточно хорошо развиты подходы, где используется понятие экстремальные принципы и построенные на этой основе модели для объяснения жизнедеятельности популяций [19]. В этой области биологии подобные подходы развиваются довольно давно и успешно. Они показали свою адекватность и полезность для описания происходящих в популяциях явлений. Поскольку на разных иерархических уровнях организации жизнедеятельности организмов наблюдается определенное тождество предопределяющих такое функционирование законов, целесообразно и полезно попытаться найти определенные аналогии действия экстремальных принципов для анализа профессиональной деятельности специалистов, работающих в условиях с повышенной опасностью, используя некоторые подходы, описанные в статье [19].

В случае истинности предположения, что в природе определенное значение имеют экстремальные принципы, то, как следствие реализации этих принципов, наиболее вероятным при развитии живой системы является формирование в ней лишь отдельных состояний — состояний с экстремальными значениями некоторой функции, описывающей динамику процессов, отражающих деятельность этой системы.

Если принять во внимание естественный ход эволюционного процесса (по Дарвину), то можно с определенной уверенностью говорить, что структура и функции живого организма для данных условий обитания являются оптимальными, и они, в основном, обуславливаются основными характеристиками окружающей среды. Существенное отклонение от характеристик оптимальности способствует активизации защитных возможностей организма. Таким образом, имеется точка отсчета, значительное отклонение от которой способствует переводу активности живой системы в режим противодействия влиянию неблагоприятных факторов среды.

При действии экстремальных факторов среды необходимо учитывать, что в этом случае, прежде всего, целесообразно опираться на принцип выживания, когда альтернатива адаптация — выживание выстраивается в следующую последовательность: в первую очередь выживание, а затем адаптация. Из сказанного вытекает, что при действии экстремальных факторов внешней среды в какой-то мере «огрубляются» тонкие механизмы адаптации. Живая система активно осуществляет поиск новых путей выживания путем резкого изменения пара-

метров регуляции, в частности, с помощью появления высокочастотных колебаний значительной амплитуды различных функций организма для активного и оперативного выявления этих путей, «намеренно» избегая плавных регулирующих действий. В искусственных управляющих системах также проявляется действие такого механизма. Примером ориентировочно-поискового поведения в электромеханических системах управления является эффект «дрожания», когда регулирующий механизм резко меняет направление изменения регулируемого параметра и электрические контакты реле или триггера, осуществляющего эти переключения, в буквальном смысле дрожат с высокой частотой.

В поведенческом плане в экстремальных условиях у людей наблюдается широкий спектр подобных «судорожных» действий. Крайним проявлением подобного поведения является паника. В этом случае для выживания человеком при формировании его поведенческого ответа применяется комплекс действий, нелогичных с точки зрения адекватной оценки создавшейся ситуации и рационального распределения своих ресурсов [7]. Человек с высоким уровнем стрессоустойчивости, то есть с пониженной в каком-то смысле чувствительностью к действию вредного фактора, ведет себя более целесообразно, закономерно увеличивая возможность выживания в сложившихся обстоятельствах. С другой стороны, имеется дополнительный мощный поведенческий механизм противостояния антагонистическим действиям людей, подробно описанный П. А. Кропоткиным [10], который связан с формированием в коллективе чувства доброжелательности, уживчивости, взаимопомощи, взаимопонимания по отношению к представителям этого коллектива. В противном случае жизнеспособность такого коллектива окажется сомнительной.

В случае болезни или ранения в организме человека наблюдается такой же феномен. В частности, длительность сокращений сердца с течением времени меняется рывками в одну (уменьшение интервала между сокращениями) и другую (увеличение интервала между сокращениями) сторону. Организм методом проб и ошибок как бы осуществляет поиск быстрых и эффективных путей нормализации своего функционального состояния (рис. 1). Особенно ярко такой эффект проявляется у лиц, находящихся в терминальном состоянии.

Эффект «дрожания» сердечного ритма определенным образом сказывается на показателях, оценивающих активность, например, симпатического и парасимпатического отделов автономной нервной системы. В частности, это касается показателя LF/HF, отражающего степень гармонизации активности этих отделов [2]. Для приведенного на рисунке фрагмента ритмограммы это соотношение равно 1,08, то есть предполагает ситуацию, близкую к проявлению уравновешенности влияния симпатического и парасимпатического отделов автономного контура регуляции сердечно-сосудистой системы.

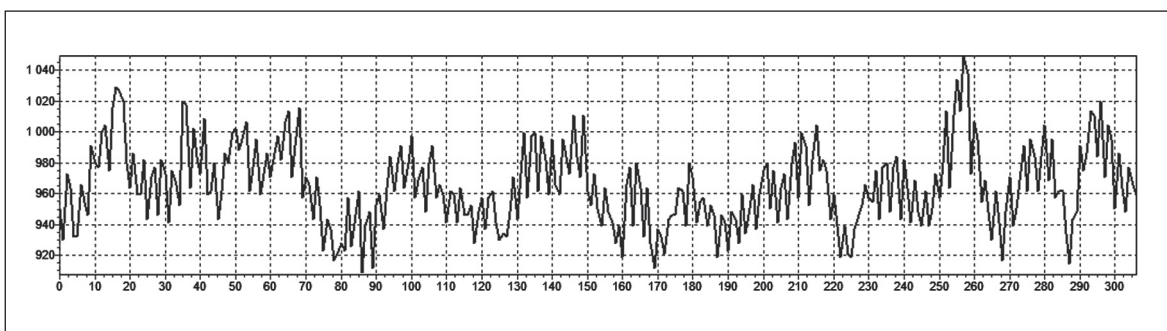


Рис. 1. Фрагмент ритмограммы с постоянно существующими резкими скачками длительности R-R интервалов. По оси абсцисс — время в секундах. По оси ординат — длительность R-R интервалов в мс.

С другой стороны, взглянув на спектр сердечного ритма (фрагмента ритмограммы, представленного на рис. 1) можно заметить, что мощность активности парасимпатического отдела автономной нервной системы сосредоточена в достаточно узком участке спектра 0,32–0,4 Гц за счет описанного эффекта «дрожания» сердечных сокращений (рис. 2), что при рассмотрении только показателя LF/HF значительно искажает физиологическую трактовку описанного явления.

Другой механизм жизнедеятельности человека в экстремальных условиях среды также можно представить исходя из постулатов дарвиновской теории эволюции. Он базируется на том непреложном факте, что процесс эволюции протекает наименее неожиданным способом (*принцип минимизации неожиданностей*).

Объективное существование такого принципа рельефно проявляется в процессе развития эмбриона, когда он последовательно проходит периоды одноклеточного зародыша, дробления, созревания зародышевых листков и их дальнейшей дифференциации. Эти периоды являются наиболее древними и в них отражен тот ожидаемый путь, который уже прошли в своем развитии позвоночные. Согласно закона зародышевого сходства К. М. Бэра, в процессе формирования зародыша первыми проявляются признаки типа, затем класса, отряда, семейства, рода и вида. Чем моложе зародыши, относящиеся к разным классам одного типа, тем более они сходны между собой [16]. Иными словами, процесс развития осуществляется наименее неожиданным и ранее проложенным путем.

Применяя описанный подход к трактовке изменений функционального состояния под действием экстремальных факто-

ров среды можно констатировать, что процесс модификации этих состояний должен протекать наименее неожиданным или наиболее вероятным способом. Хорошей иллюстрацией такого протекания процесса трансформации функциональных состояний является результат исследований В. М. Ильина и соавт. [4]. Они показали, что при анализе множества функциональных состояний, в которые переходит организм при действии разнообразных факторов, сопровождающих погружение водолаза на различную глубину, можно выделить объективно существующие цепочки последовательных смен функциональных состояний с высокой вероятностью перехода из одного состояния в другое. То есть процесс трансформации функционального состояния организма протекает в наиболее ожидаемом направлении. Наряду с этим имеются случаи «перескакивания» из одной цепочки функциональных состояний в другую. Эти случаи весьма маловероятны и требуют дополнительных усилий для их реализации. Таким образом, даже при интенсивном воздействии агрессивных факторов внешней среды модификация функциональных состояний во времени, как правило, движется наиболее вероятным курсом с минимизацией возможных неожиданностей. Изменение этой закономерности требует дополнительных усилий.

Если использовать аналогию с принципом Лагранжа, сформулированным им для объяснения функционирования механических систем, можно предположить, что *поведенческие реакции и обеспечивающие их энергетические затраты живой системы в условиях экстремальных влияний должны быть минимизированы (принцип минимизации энерготрат)*. В этом смысле, следует полагать, что организм стремится увеличить

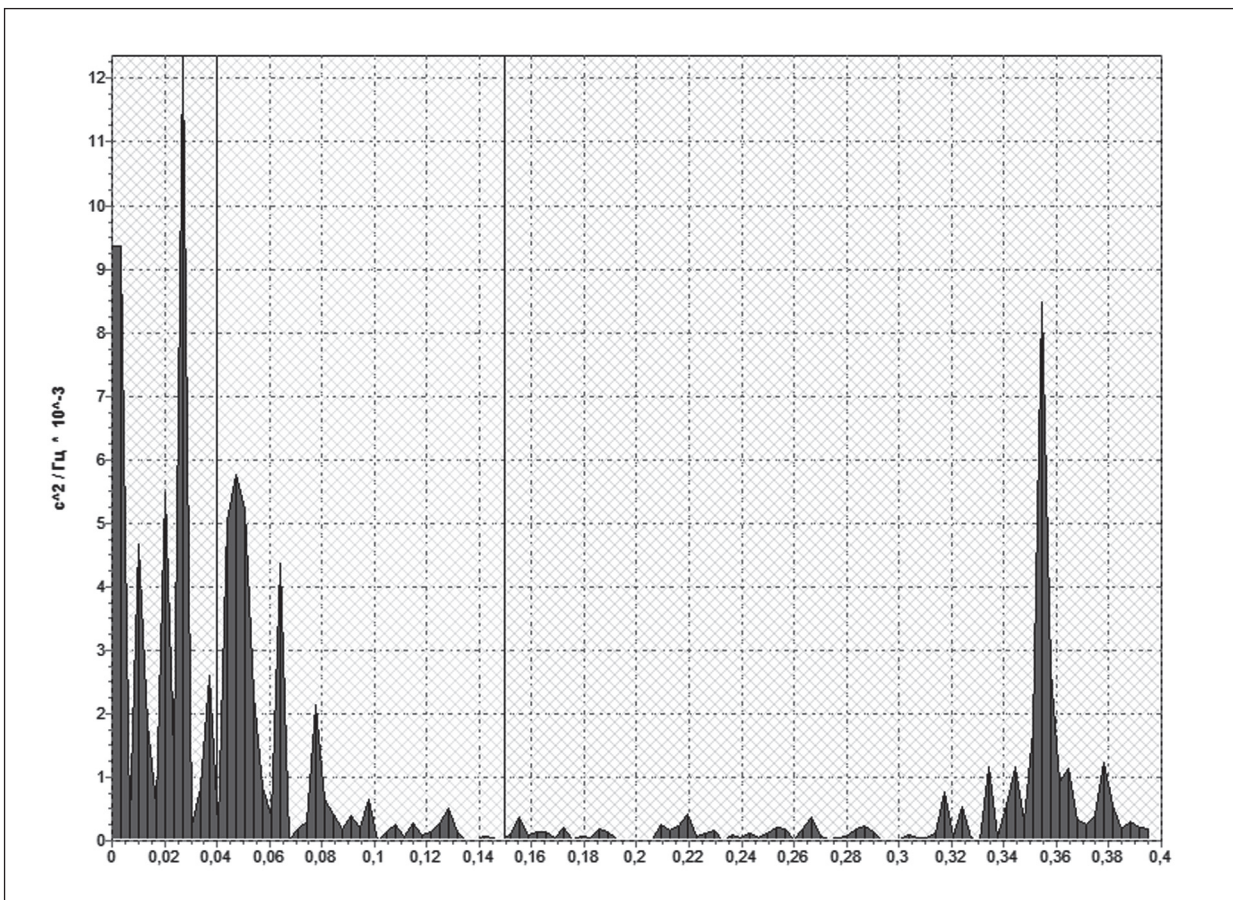


Рис. 2. Спектр ритмограммы с постоянно существующими резкими скачками длительности R-R интервалов, представленной на рис. 1. По оси абсцисс — частота, Гц. По оси ординат — спектральная плотность, $c^2/Гц \times 10^{-3}$.

эффективность использования имеющейся у него функциональных резервов. Для обоснования этого положения уместно вспомнить одну важную закономерность: при росте нагрузки на организм количество межсистемных и внутрисистемных связей психофизиологических функций увеличивается [3, 20]. Этот эффект обусловлен не только значительными влияниями разнообразных внешних факторов, но и существенным истощением физиологических резервов организма, например, в процессе развития утомления и высокого нервно-эмоционального напряжения, наличием болезни или действием других внутриорганизменных ситуаций. С помощью такого механизма организм стремится достигнуть минимизации расхода функциональных резервов путем их более экономного употребления.

Если попытаться объяснить указанный эффект, то, прежде всего, можно предложить следующее суждение: увеличение числа корреляционных зависимостей свидетельствует о подключении организмом дополнительных ресурсов, позволяющих ему более экономно «пользоваться» своим, уже исчерпывающимся потенциалом. В системе с большим количеством корреляционных зависимостей, по-видимому, появляются дополнительные компенсаторные возможности, основанные, во-первых, на диверсификации путей решения, стоящих перед ней задач. Особенно это относится к обратным связям, поскольку при их наличии повышается вероятность осуществления более тонкой настройки механизмов регуляции: при усилении влияния одной функции ослабляется действие другой и, наоборот (отрицательная обратная связь). Во-вторых, увеличение связности различных физиологических функций делает систему более жесткой, устойчивой, предсказуемой, что ослабляет хаотичность ее функционирования и приводит к минимизации энергетических затрат.

В организме человека имеется еще один важный физиологический механизм, способствующий снижению энергозатрат при выполнении сложной работы. Он основан на функционировании так называемого «детектора ошибок». Еще в 60-ых годах прошлого столетия было установлено, что в организме человека имеется мощный механизм индикации проявляющихся ошибок. Он был назван «детектором ошибок»; его локализация — хвостатое тело головного мозга [25]. Имеющиеся в настоящее время данные позволяют заключить, что мозговые системы детекции ошибочного поведения [24, 26, 29, 30, 32, 33] играют весомую роль в обеспечении реакций мозга на сознательную реализацию ложных действий [8, 9].

В процессе исследований, когда испытуемые самостоятельно принимали целесообразное, по их мнению, решение лгать или не лгать было показано, что даже в этом случае при реализации ложных ответов регистрировался специфический компонент электрической активности мозга, который являлся индикатором лжи [9]. Таким образом, было продемонстрировано, что в условиях лжи, скорее всего, происходит активизация мозгового «детектора ошибок».

Интересным является феномен, проявляющийся в том, что в нормальном состоянии человека время его реакции при реализации ложных ответов было достоверно больше по сравнению с таковым при выполнении правдивых ответов [27]. Этот результат согласуется с известными литературными данными, где высказывается гипотеза, в соответствии с которой увеличение времени реакции ложных ответов обусловлено необходимостью привлечения организмом дополнительных ресурсов внимания для их реализации [30]. Иными словами, когда человек лжет, время его реакции удлиняется за счет привлечения дополнительных возможностей организма, а, следовательно, повышения энергозатрат.

В работе М. В. Киреева и соавт. [8] изучались особенности работы мозгового детектора ошибок в ситуации намеренной реализации ложных ответов в норме и под воздействием ал-

коголя т. к. широко известно, что под воздействием алкоголя происходит увеличение импульсивности поведения человека вследствие нарушения процессов ее подавления, из-за которого страдает его самоконтроль [28].

В результате проведенного исследования было показано, что действие алкоголя способствует развитию инвертированного (относительно нормы) соотношения амплитуд изучаемых компонентов электрической активности мозга для правдивых и ложных ответов, таким образом, что правдивый ответ кажется ложным, а ложный — верным. Иными словами, алкоголь так модифицирует работу «детектора ошибок», что, по сути, нарушаются нормальные механизмы бессознательного самоконтроля, а поведение, в норме идентифицируемое как ошибочное, таковым уже не воспринимается.

М. В. Киреевым и соавторами было выдвинуто предположение, что даже на стадии формирования намерения солгать (в сравнении с намерением ответить правдиво) требуется привлечение дополнительных ресурсов внимания. То есть ложь, в любом случае, обходится организму дороже, чем правда. Ложное действие воспринимается организмом как ошибка, даже несмотря на его выгодность. Однако изменение режима работы мозгового «детектора ошибок» при употреблении алкоголя приводит к ослаблению бессознательного самоконтроля его функционирования, чем способствует облегчению процессов принятия решения солгать.

Анализируя результаты приведенных исследований необходимо особо отметить несколько аспектов. Во-первых, человеческий организм активно защищает себя от ненормативных действий. Во-вторых, нерациональное поведение для функционирования организма обходится всегда дороже, чем правильное, что является регулятором, способствующим селекции неправильных действий. В-третьих, определенные воздействия на организм, в частности, алкоголь могут извратить реакции организма, что является одной из причин появления ошибок. Таким образом, спонтанное или навязанное формирование ошибочных действий человека увеличивает стоимость его деятельности, а безошибочная деятельность, наоборот, минимизирует использование имеющихся у него функциональных ресурсов.

Следует, по-видимому, признать, что объективно имеется если не обязательный, то один из наиболее выгодных для организма принцип, способствующий сохранению и/или восстановлению работоспособности *принцип поддержания необходимого разнообразия*. Для обоснования необходимости учета принципа необходимого разнообразия можно опереться на фундаментальный закон, сформулированный У. Р. Эшби, — закон «о необходимом разнообразии» [22]. В этом законе подчеркивается, что для любой системы разнообразие является одним из важнейших способов, поддерживающих ее существование. Дело в том, что подсистемы организма человека и внешняя среда постоянно взаимодействуют друг с другом, контактируют со средой обитания и трудовой средой, принуждают их к определенным действиям или передают им значимые сообщения, т. е. постоянно обмениваются информацией. Закон о необходимом разнообразии подразумевает, что для успешной адаптации и выживания каждая подсистема системы должна обладать определенным минимальным запасом пластичности (возможностями дублирования, подстраховки и др.), и эта пластичность должна адекватно соотноситься с потенциальной вариабельностью или неопределенностью поведения остальной части системы или других связанных с ней систем. Причем степень гибкости, которую требует каждая возникшая ситуация, является результатом проявления определенных взаимоотношений между частями системы и самой системой (или системами) в целом. С другой стороны, как указывает У. Р. Эшби, согласно принципу Данкова в системах, ставших эффективными в результате

естественного отбора, разнообразие механизмов и пропускная способность каналов связи не должны значительно превышать необходимый минимум [23].

Таким образом, живая система для успешного функционирования должна успешно балансировать между повышением разнообразия сигналов среды и их минимизацией. В реальности наличие разнообразия вносит свой вклад в степень проявления ее воздействия на организм человека, как комплекса характеристик трудовой среды, так и комплекса других воздействующих на него раздражителей. Поэтому необходимо учитывать не только влияние на организм человека факторов трудовой среды, но и свойства самого организма.

Следует также учитывать тот непреложный факт, что для устойчивого функционирования организма необходимо иметь определенное разнообразие изменений или реакций его функций, определяющих поведение человека в данных условиях. Без соблюдения этого разнообразия функционирование организма будет осуществляться «рывками» (при недостаточном разнообразии) или очень медленно (при разнообразии, превышающем некоторый предел).

Необходимо подчеркнуть, что деятельность каждой подсистемы организма и его более мелкие компоненты, а также параметры внешней среды имеют вероятностную природу. Поэтому в самом организме и в случае его взаимодействия с внешней средой появляются те или иные сбои, имеющие вероятностный характер и разное значение при осуществлении регуляции определенных его реакций. Постоянное появление сбоев в работе системы ведет к увеличению разнообразия его ответов, поскольку организм вынужден искать пути преодоления возникших трудностей, а исключение этих сбоев механизмами адаптации приводит к его уменьшению. Именно таким образом осуществляется приближение к необходимому разнообразию.

Таким образом, стратегия жизнедеятельности фокусируется в направлении увеличения сложности и разнообразия проявления функций. Сложная система соответствует достаточно высокому разнообразию и проявлению большего числа связей между ее элементами, что делает доступным увеличенное количество путей для получения энергии и реализации профессиональных целей в случае появления каких-либо изменений во внешней или внутренней среде. В сложной системе уменьшается возможность определить путь данной единицы энергии, и поэтому неопределенность формирования ее поведения возрастает.

Кроме неопределенности, стабильность функционирования системы должна быть связана с другим параметром, дающим ей независимость от внешних изменений. Можно предположить, что таким свойством является способность системы рационально использовать ее собственные ресурсы. Более эффективный цикл использования физиологического ресурса в организме дает более стабильную, независимую и устойчивую систему.

Выводы

1. Сформулирован «принцип оптимальности», выделяющий зону допустимых уровней оптимальной работы организма, отклонение от которых свидетельствует о действии на организм экстремальных факторов среды.

2. Рассмотрен ряд принципов («принцип выживания», «принцип минимизации неожиданностей», «принцип минимизации энтропий», «принцип изменения энтропии», «принцип необходимого разнообразия»), действие которых проявляется в экстремальных условиях трудовой среды путем подключения дополнительных физиологических механизмов, способствующих противодействию их влиянию.

3. Физиологические механизмы, детерминирующие деятельность при работе в условиях с повышенной опасностью, имеют системный характер и действуют в комплексе с механизмами, функционирующими в комфортных условиях.

Исследования проводились с соблюдением национальных норм биоэтики и положений Хельсинкской декларации (в редакции 2013 г.). Автор статьи — В. В. Кальниш — подтверждает, что у него нет конфликта интересов.

Литература

1. Анохин П. К. Принципиальные вопросы общей теории функциональных систем. *Избранные труды. Философские аспекты теории функциональных систем*, Наука, М. 1978. сс. 49–106.
2. Варіабельність серцевого ритму: Стандарти вимірювання, фізіологічної інтерпретації та клінічного використання. Пер. з англ. Львів, 2002. 70 с.
3. Гавриков К. В. Оперативный контроль функционального состояния организма человека в условиях современного производства. *Диагностика здоровья*. Изд-во Воронежского ун-та, Воронеж, 1990. сс. 37–51.
4. Ільїн В. М., Кальниш В. В., Курданов Х. А. Структурно-лінгвістичний підхід до оцінки функціонального стану організму людини. *Доповіді Національної академії наук України*, 2001, № 6, сс. 185–189.
5. Кальниш В. В. Системные подходы к анализу умственной работоспособности. *Физиология и гигиена умственного труда*. Киев, Здоров'я, 1987. сс. 79–104.
6. Кальниш В. В. Профессиональная деятельность в экстремальных условиях среды: определение, классификация. *Український журнал з проблем медицини праці*. 2017, т. 52, № 3, сс. 23–37.
7. Кальниш В. В., Кальниш Ю. Г., Недюха М. П., Усаченко Л. М. Формування соціально-політичної поведінки великих груп населення (інформаційно-комунікаційні аспекти). — *ІІІ Мельник А. А., Хмельницький*, 2009. 234 с.
8. Киреев М. В., Пахомов С. В., Медведев С. В. Исследование механизмов мозгового «детектора ошибок» при ложных ответах в норме и под воздействием алкоголя. *Физиология человека*, 2008, т. 34, № 2, сс. 13–22.
9. Киреев М. В., Старченко М. Г., Пахомов С. В., Медведев С. В. Этапы мозгового обеспечения заведомо ложных ответов. *Физиология человека*, 2007, т. 33, № 6, сс. 5–12.
10. Кропоткин П. А. Анархия: Сборник. *Айрис-пресс*, Москва, 2002. 576 с.
11. Кьюбе Ж. Рассуждение о переворотах на поверхности земного шара. *Гос. Издат. биологической и медицинской литературы*, М.—Л., 1937. 368 с.
12. Леонтьев Д. А., Рассказова Е. И. Тест жизнестойкости. *Из-во Смысл*, Москва, 2006. 63 с.
13. Мазур Ю. О. О воле: к вопросу о тематизации проявлений воли в периоды жизненных кризисов. *ЧФ: Социальный психолог*, 2009, № 2, сс. 42–48.
14. Павлов И. П. Рефлекс свободы. *Питер*, СПб., 2001. 432 с.
15. Розен Р. Принцип оптимальности в биологии. *Мир*, Москва, 1969. 215 с.
16. Северцов А. С. Основы теории эволюции. *Изд-во МГУ*, Москва, 1987. 320 с.
17. Трінька І. С., Кальниш В. В., Швець А. В., Мальцев О. В. Особливості впливу чинників бойового середовища на військовослужбовців. *Військова медицина України*, 2016, №2., сс. 73–80.
18. Трінька І. С., Кальниш В. В., Швець А. В., Мальцев О. В. Особливості відновлення фізичної працездатності військовослужбовців після повернення із зони АТО. *Військова медицина України*, 2016, №3, сс. 56–62.
19. Фурсова П. В., Левич А. П., Алексеев В. Л. Экстремальные принципы в математической биологии. *Успехи современной биологии*, 2003, т. 123, № 2, сс. 115–137.
20. Шадриков В. Д. Проблемы системогенеза профессиональной деятельности. *Наука*, Москва, 1982. 185 с.

21. Эйлер Л. Диссертация о принципе наименьшего действия, с разбором возражений славнейшего проф. Кёнига, выдвинутых против этого принципа. *Вариационные принципы механики*, Физматгиз, Москва, 1959, сс. 96–108.
22. Эшби Р. У. Введение в кибернетику. *Изд-во иностранной литературы*, Москва, 1959, 432 с.
23. Эшби У. Р. Конструкция мозга. Происхождение адаптивного поведения. *Изд-во иностранной литературы*, Москва, 1963, 398 с.
24. Abe N., Suzuki M., Nsukiura T. et al. Dissociable roles of prefrontal and anterior cingulate cortices in deception. *Cerebral Cortex*, 2006, vol. 16, pp. 192–205.
25. Bechtereva N. P., Gretchin V. B. Physiological foundations of mental activity. *Int. Rev. Neurobiol.*, 1968, vol. 11, p. 239.
26. Johnson K. A., Kozel F. A., Laken S. J., George M. S. The neuroscience of functional magnetic resonance imaging fMRI for deception detection. *Amer. J. Bioethics*, 2007, vol. 7, pp. 58–75.
27. Johnson R., Barnhardt J., Zhu J. Differential effects of practice on the executive processes used for truthful and deceptive responses: an event-related brain potential study. *Brain. Res. Cong.*, 2005, vol. 24, pp. 386–397.
28. Marczinski C. A., Fillmore M. T. Compensating for alcohol-induced impairment of control: on inhibition and activation of behavior. *Psychopharmacology*, 2005, vol. 181, pp. 337–348.
29. Masaki H., Falkenstein M., Sturmer B. et al. Does the error negativity reflect response conflict strength? Evidence from a Simon task. *Psychophysiology*, 2007, vol. 44, pp. 579–598.
30. Rosenfeld J. P., Shye E., Singer E. Single versus multiple probe blocks of P300-based concealed information tests for self-referring versus incidentally obtained information. *Biol. Psychol.*, 2007, vol. 74, pp. 396–406.
31. Taylor S. F., Stern E. R., Gehring W. J. Neural systems for error monitoring: recent findings and theoretical perspectives. *Neuroscientist*, 2007, vol. 13, pp. 160–172.
32. Ullsperger M., von Cramon D. Y. How does error correction from error signaling? An event-related potential study. *Brain Res.*, 2006, vol. 1105, pp. 102–119.

Принципи функціонування організму людини при роботі в умовах з підвищеною небезпекою

В. В. Кальниш

ДУ «Інститут медицини праці НАМН України», Київ

Резюме

Вступ. Об'єктивне існування для ряду професій з підвищеною небезпекою комплексу сильнодіючих шкідливих за своєю природою інформаційних факторів робить актуальним детальний розгляд їх впливу на організм людини і вимагає додаткового залучення підходів, спрямованих на аналіз дії «екстремальних» механізмів взаємодії організму з навколишнім середовищем. При уточненні впливу таких механізмів важливо, перш за все, сформулювати ряд принципів - ключових вихідних понять, заснованих на фундаментальних положеннях біологічної і медичної науки.

Мета роботи. Обговорення ролі «екстремальних» принципів, що пояснюють механізми функціонування організму людини в умовах дії інтенсивних інформаційних факторів трудового середовища.

Результати. Сформульовано «принцип оптимальності», що виділяє зону допустимих рівнів оптимальної роботи організму, відхилення від яких свідчить про дію на організм екстремальних факторів середовища. Розглянуто ряд принципів («принцип виживання», «принцип мінімізації несподіванок», «принцип мінімізації енерговитрат», «принцип зміни ентропії», «принцип необхідної різноманітності»), дія яких проявляється в екстремальних умовах трудового середовища шляхом підключення додаткових фізіологічних механізмів, що сприяють протидії їх впливу. Фізіологічні механізми, що детермінують діяльність при роботі в умовах з підвищеною небезпекою, мають системний характер і діють в комплексі з механізмами, що функціонують в комфортних умовах.

Ключові слова: трудова діяльність; екстремальні умови середовища; принципи функціонування організму; інформаційні чинники; функціональні резерви.

Principles of the functioning of the human organization organism in work with high danger

V. V. Kalnysh

Institute for Occupational Health of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kiev

e-mail: vkalnysh@ukr.net

Abstract

Introduction. Objective existence for a number of occupations with an increased danger of a complex of powerful information-related factors, harmful by nature, makes an actual the detailed consideration of their influence on the human body and requires additional attraction of approaches aimed at analyzing the action of “extreme” mechanisms of interaction of the organism with the environment. When clarifying the impact of such mechanisms, it is important, first of all, to formulate a number of principles — key initial concepts based on the fundamental principles of biological and medical science.

Objective. Discussion of the role of «extreme» principles, explaining the mechanisms of the functioning of the human body in conditions of the action of intensive information factors of the working environment.

Results. The «optimality principle» is formulated, which identifies the zone of acceptable levels of optimal functioning of the organism, the deviation from which indicates the action of extreme environmental factors on the organism. A number of principles are considered («survival principle», «minimization principle of suddennesses», «minimization principle of energy expenditures», «principle of entropy change», «principle of necessary diversity»), whose action is manifested in extreme conditions of the working environment by connecting additional physiological mechanisms that contribute to counteraction their influence. Physiological mechanisms that determine activity when working under conditions of increased danger are systemic in nature and act in combination with mechanisms, functioning in a comfortable environment.

Key words: Labor activity; Extreme environmental conditions; Principles of the functioning of the organism; Information factors; Functional reserves.

©2017 Institute Medical Informatics and Telemedicine Ltd, ©2017 Ukrainian Association of Computer Medicine, ©2017 Kharkiv medical Academy of Postgraduate Education. Published by Institute of Medical Informatics and Telemedicine Ltd. All rights reserved.

ISSN 1812-7231 *Klin.inform.telemed.* Volume 12, Issue 13, 2017, Pages 20–29

http://kit-journal.com.ua/en/index_en.html

References (32)

Reference

- Anokhin P. K. *Printsypialnye voprosy obschey teorii funktsionalnykh sistem. Izbrannyye trudy. Filosofskie aspekty teorii funktsionalnykh sistem* [Principal questions of the general theory of functional systems. Selected works. Philosophical aspects of the theory of functional systems], 1978. Moscow, Nauka Publ., pp. 49–106. (In Russ.).
- Varuabeunust sertsevogo ritmu: Standarti vimuryuvannya, fuzuologichnoyi interpretatsiyi ta klinichnogo vikoristannya [Heart rate variability: Measurement standards, physiological interpretation and clinical usage]. Transl/ from Eng. Lviv, 2002, 70 p. (In Ukr.).
- Gavrikov K. V. Operative control of the functional state of the human body in the conditions of modern production. *Diagnosis of Health*. – Voronezh. Voronezh Univ. Publ. House. 1990, pp. 37–51. (In Russ.).
- Il'in V., Kalnish V., Kurdanov Kh. Structurally-linguistic approach to evaluation of functional state of human body. *Dopovidi Nats. Akad. Nauk Ukraini* [Reports of Nat. Acad. of Sci. of Ukraine]. 2001, no. 6. pp. 185–189. (In Ukr.).
- Kalnish V. V. System Approaches to the Analysis of Mental Performance. *Fiziologiya i gigiena umstvennogo truda* [Physiology and Hygiene of Intellectual Labor]. Kiev, Zdorovya Pub., 1987. pp. 79–104. (In Russ.).
- Kalnish V. V. Professional activity in extreme conditions of environment: definition, classification. *Ukrayinskiy zhurnal z problem meditsini pratsi* [Ukrainian Journal of Work Medical Problems]. 2017, vol. 52, no. 3, pp. 23–37. (In Russ.).
- Kalnish V. V., Kalnish Yu. G., Nedyukha M. P., Usachenko L. M. *Formuvannya sotsialno-politichnoyi povedinki velikih grup naseleण्या (informatsiyno-komunikatsiyni aspekti)* [Formulation of socially-political behavior of great groups of population (informational and communal aspects)]. Khmelnitsky, Pr. Enterpr. Melnik A. A. 2009, 234 p. (In Ukr.).
- Kireev M. V., Pakhomov S.V., Medvedev S. V. Investigation of the mechanisms of the brain «error detector» with false responses in the norm and under the influence of alcohol. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology]. 2008, vol. 34, no. 2. pp. 13–22. (In Russ.).
- Kireev M. V., Starchenko M. G., Pakhomov S. V., Medvedev S. V. Stages of cerebral support of knowingly false answers. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology]. 2007, vol. 33, no. 6, pp. 5–12. (In Russ.).
- Kropotkin P. A. *Anarhiya: Sbornik* [Anarchy: Collection]. Moscow, Iris Press, 2002. 576 p. (In Russ.).
- Cuvier J. *Rassuzhdenie o perevorotah na poverhnosti zemnogo shara* [The reasoning about the revolutions on the surface of the globe]. M.-L. Biol. and Med. Literature Publ., 1937. 368 p. (In Russ.).
- Leontiev D. A., Rasskazova E. I. *Test zhiznestoykosti* [Test of the life durability]. Moscow, Smysl Publ., 2006. 63 p. (In Russ.).
- Mazur Yu. O. About the will: to the question of the thematization of manifestations of will in periods of life crises. *Sotsialnyy psiholog* [Social Psychologist]. 2009, no. 2, pp. 42–48. (In Russ.).
- Pavlov I. P. *Refleks svobody* [Reflex of freedom]. St. Petersburg. Peter Publ., 2001. 432 pp. (In Russ.).
- Rosen R. *Printsyp optimalnosti v biologii* [The principle of optimality in biology]. Moscow, Mir Publ., 1969. 215 p. (In Russ.).
- Severtsov A. S. *Osnovnyy teorii evolyutsii* [Fundamentals of the theory of evolution]. Moscow, MGU Publ., 1987. 320 p. (In Russ.).

17. Trinka I. S., Kalnish V. V., Shvets A. V., Maltsev O. V. The influence peculiarities of combat environment factofs on the combatants. *Voennaya meditsina Ukrainy* [Military Medicine of Ukraine]. 2016, no. 2. pp. 73–80. (In Ukr.).
18. Trinka I. S., Kalnish V. V., Shvets A. V., Maltsev O. V. Peculiarities of physical performance of combatants after coming back from ATO zone. *Voennaya meditsina Ukrainy* [Military Medicine of Ukraine]. 2016, no. 3, pp. 56–62. (In Ukr.).
19. Fursova V. P., Levich A. P., Alekseev V. L. Extreme principles in mathematical biology. *Uspehi sovremennoy biologii* [Successes of Modern Biology]. 2003, vol. 123, no. 2, pp. 115–137. (In Russ.).
20. Shadrikov V. D. *Problemyi sistemogeneza professionalnoy deyatelnosti* [Problems of the systemogenesis of professional activity]. Moscow, Nauka Publ., 1982. 185 p. (In Russ.).
21. Euler L. Thesis on the principle of least action, with analysis of the objections of the most distinguished prof. Koenig, put forward against this principle. *Variatsionnyie printsipyi mehaniki* [Variational principles of mechanics]. Moscow, Fizmatgiz Publ., 1959. pp. 96–108. (In Russ.).
22. Ashby W. R. *Vvedenie v kibernetiku* [Introduction to cybernetics]. Moscow, Foreign Literature Publ., 1959. 432 p. (In Russ.).
23. Ashby W. R. *Konstruktsiya mozga. Proishozhdenie adaptivnogo povedeniya* [Design of the brain. The origin of adaptive behavior.]. Moscow. Foreign Literature Publ., 1963. 398 p. (In Russ.).
24. Abe N., Suzuki M., Nsukiura T. et al. Dissociable roles of prefrontal and anterior cingulate cortices in deception. *Cerebral Cortex*, 2006, vol. 16, pp. 192–205.
25. Bechtereva N. P., Gretchin V. B. Physiological foundations of mental activity. *Int. Rev. Neurobiol.*, 1968. vol. 11, p. 239.
26. Johnson K. A., Kozel F. A., Laken S. J., George M. S. The neuroscience of functional magnetic resonance imaging fMRI for deception detection. *Amer. J. Bioethics*, 2007, vol. 7, pp. 58–75.
27. Johnson R., Barnhardt J., Zhu J. Differential effects of practice on the executive processes used for truthful and deceptive responses: an event-related brain potential study. *Brain. Res. Cong.*, 2005, vol. 24, pp. 386–397.
28. Marczinski C. A., Fillmore M. T. Compensating for alcohol-induced impairment of control: on inhibition and activation of behavior. *Psychopharmacology*, 2005, vol. 181, pp. 337–348.
29. Masaki H., Falkenstein M., Sturmer B. et al. Does the error negativity reflect response conflict strength? Evidence from a Simon task. *Psychophysiology*, 2007, vol. 44, pp. 579–598.
30. Rosenfeld J. P., Shye E., Singer E. Single versus multiple probe blocks of P300-based concealed information tests for self-referring versus incidentally obtained information. *Biol. Psychol.*, 2007, vol. 74, pp. 396–406.
31. Taylor S. F., Stern E. R., Gehring W. J. Neural systems for error monitoring: recent findings and theoretical perspectives. *Neuroscientist*, 2007, vol. 13, pp. 160–172.
32. Ullsperger M., von Cramon D. Y. How does error correction from error signaling? An event-related potential study. *Brain Res.*, 2006, vol. 1105, pp. 102–119.

Переписка

д.биол.наук, профессор **В. В. Кальниш**
 ГУ «Институт медицины труда НАМН Украины»
 ул. Саксаганского, 75
 Киев, 01033, Украина
 эл. почта: vkalnysh@ukr.net