

УДК 159.9(091)

ПСИХОФИЗИКА СЕГОДНЯ В РАЗВИТИИ ТРУДОВ К.В. БАРДИНА¹

© 2025 г. И. Г. Скотникова^{1,*}, Т. А. Забродина^{2,**}, А. С. Сорокин^{2,***},
А. С. Алексеева^{3,****}, О. В. Ломтатидзе^{3,*****}

¹ФГБУН Институт психологии РАН;
129366, г. Москва, ул. Ярославская, д. 13, корп. 1, Россия.
²Тулский государственный университет;
300012, г. Тула, пр. Ленина, д. 92, Россия.
³Уральский федеральный университет;
620062, Свердловская область, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 19, Россия.
*Доктор психологических наук, ведущий научный сотрудник.

E-mail: iris236@yandex.ru

**Кандидат психологических наук, доцент.

E-mail: tatzab53@mail.ru

***Кандидат медицинских наук, доцент.

E-mail: tatzab53@mail.ru

****Старший преподаватель.

E-mail: a.s.alexeeva@urfu.ru

*****Кандидат психологических наук, доцент.

E-mail: olga.lomtadidze@urfu.ru

Поступила 31.01.2025

Аннотация. Отражены современные исследования, развивающие идеи К.В. Бардина. Конкретизирован субъектный подход в психофизике как субъектно-деятельностный. Показано, что активность наблюдателя выступает его сенсорной деятельностью, а ее стратегии — психологическим механизмом вклада индивидуальности в исполнение. Исследования принятия решения в сенсорных задачах выявили неосознанное предвосхищение будущих решений, сомнения как внутренний механизм задержки ошибок. Сформулирован субъектно-поведенческий подход к изучению поведения животного. В зрительных задачах выявлены индивидуально-типологические группы рептилий по параметру импульсивности. При эмоциональном стрессе обнаружена сниженная успешность зрительного различения: чувствительности и строгости критерия принятия решения при повышении времени решения. Прием антистрессового гомеопатического препарата привел к улучшению этих характеристик до уровня нормы, по ним выделены группы наблюдателей, различающиеся по стрессоустойчивости, что указывает на диагностическое значение использованного психофизического метода для ее оценки. Зрительная чувствительность лиц с тяжелыми соматическими заболеваниями (онкология, ДЦП, алергодерматозы) зависела от вида патологии и была ниже либо выше, чем у здоровых. Строгость критерия снижалась у всех групп больных, но психологическое содержание этой стратегии как механизма компенсации их дискомфортных состояний для решения сенсорной задачи было различным при разных патологиях. У дошкольников оценены зрительные, слуховые и тактильные пороги. Для выяснения их взаимосвязей с проявлениями нейрокognитивного развития детей проведены нейропсихологические пробы и оценена функциональная асимметрия полушарий мозга. В исследованных ведущих сенсорных системах установлены различные структурно-функциональные взаимосвязи пороговых величин с графомоторными нейропсихологическими характеристиками и индексами асимметрии.

Ключевые слова: К.В. Бардин, психофизика, сенсорные задачи, сенсорная деятельность, зрительная чувствительность, принятие решения, субъектный подход, индивидуальность, стресс, хронические заболевания, сверхмалые дозы, нейрокognитивное развитие, функциональная асимметрия, нейропсихологические пробы.

DOI: 10.31857/S0205959225030083

¹Работа выполнена по госзаданию № 0138-2025-0012.

К.В. Бардин – один из родоначальников отечественной психофизики. Его основные научные достижения обобщены ранее [21]. В этой статье прослежены ведущие направления в развитии идей нашего Учителя в XXI в.

СУБЪЕКТНАЯ ПСИХОФИЗИКА И ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЯ В СЕНСОРНЫХ ЗАДАЧАХ

Субъектная парадигма в психофизике

Теоретически принципиальное достижение Бардина – разграничение классической объектной парадигмы психофизики: изучения сенсорных процессов под влиянием внешних факторов, и современной субъектной: изучения собственной активности наблюдателя в сенсорных измерениях и ее влияния на результаты, “психологизация” психофизики [9].

Бардин успел лишь сформулировать оппозицию объектной и субъектной психофизики и обобщить данные его группы о роли “переменных субъекта” в сенсорных задачах. Далее И.Г. Скотникова собрала и проанализировала отечественные предпосылки субъектной психофизики и разрозненные зарубежные, не объединенные методологическим подходом, продолжила субъектную психофизику и на основе своих экспериментальных результатов теоретически выявила психологическое содержание активности субъекта сенсорных измерений. Это его индивидуально-психологическая сенсорная деятельность (поэтому наш подход субъектно-деятельностный), включающая сенсорную задачу, его индивидуальные особенности и определяемые ими и задачей стратегии деятельности, в развитие работ К.В. Бардина и М.Б. Михалевской [10]. Выявлена роль в сенсорном исполнении когнитивных стилей и уверенности в решении [22], а в работах А.Н. Гусева с сотрудниками – роль личностных и психофизиологических свойств, психических ресурсов и функциональных состояний [12]. Субъектная психофизика представлена нами во многих русскоязычных публикациях, а также на 11 конференциях Международного общества по психофизике (1992–2019), Европейском конгрессе по психологии (2019), в англоязычном руководстве по когнитивной нейронауке [27].

В развитие субъектно-деятельностного подхода мы сформулировали субъектно-поведенческий подход: изучение поведения животных в сенсорных и когнитивных задачах как индивидуально активных агентов, а не как лишь существ, пассивно реагирующих на внешние сигналы. В ситуациях

зрительного различения выявлены четыре индивидуально-типологические группы рептилий по параметру импульсивности, подобные установленным у людей в сходных задачах: быстрые–неточные (импульсивные), медленные–точные, быстрые–точные и медленные–неточные [24].

Принятие решения в сенсорных задачах с неопределенностью

К.В. Бардин в тончайших психофизических экспериментах раскрыл сложную структуру пороговой зоны сенсорной неопределенности (где велик дефицит входной информации) и стратегий деятельности в ней наблюдателя [9]. Далее И.Г. Скотникова [22] выявила способность человека дифференцировать пять характерных точек этой зоны (разведенных на уровне $p < 0.001$, критерий Стьюдента), зависимость эффективности сенсомоторных стратегий от когнитивностилевых свойств. Было экспериментально доказано, что адекватные задачам стратегии полнезависимых лиц вели к меньшей на 30% вариативности результатов, чем неадекватные стратегии полезависимых.

Субъектную парадигму и изучение принятия решения (ПР) Бардин рассматривал как сферы оптимального приложения усилий психологов в психофизике. Ведь в ПР более выражена активность субъекта, чем в сенсорной чувствительности, в большей степени определяемой внешними факторами, хотя исходно теория обнаружения сигнала аналогично трактовала и ПР. Бардин анализировал его в работах [7; 9]. В настоящее время И.Г. Скотникова с соавторами изучают ПР человеком и животными в задачах с неопределенностью порогового типа. Теоретически систематизированы представления о психологическом содержании и моделях ПР, парадигмы его изучения в задачах когнитивного выбора, его индивидуальные особенности и мозговые механизмы у человека и животных [23].

К основным характеристикам ПР относятся: правильность/ошибочность, время и колебания (уверенность/сомнения) в его процессе и результатах (Luce, 1986; Fetsch et al., 2014; цит. по: [23]). По данным Скотниковой, при различении зрительных временных интервалов у 29 испытуемых в 48 экспериментах из 49 (по 100 измерений в каждом) ошибочные ответы были медленнее верных (достоверность почти абсолютная) и в среднем по группе на 30% (1011 мс против 775 мс). А при оценке испытуемыми степени уверенности (уверен/сомневаюсь) в правильности своих ответов средняя по группе доля сомнений среди ошибок (0.144) была в 1.7 раза больше, чем среди верных ответов (0.085). Ошибки чаще были неуверенными, чем верные ответы в 41 опыте из 48 ($p < 0.01$, критерий знаков). Видимо, человек перед

ошибками сомневается и потому медлит, а верные ответы дает быстро и чаще уверенно, хотя не знает, ошибается ли он или отвечает верно, т.е. неосознанно предвосхищает будущий ответ. Наши результаты экспериментально подтвердили теоретическое предположение Ю.М. Забродина, соратника К.В. Бардина, о сомнениях как психологическом механизме задержки ошибочных ответов. Сходные данные получены при изучении переходов от неосознанного решения к осознанному на разных когнитивных уровнях в школе В.М. Аллаhverдова (2006; см. [23]). Нейрофизиологический же механизм описан в школе Н.П. Бехтеревой как активация перед неосознанной ошибкой нейронов-детерминаторов ошибок в корковых и подкорковых зонах мозга, тогда как нейроны-детекторы ошибок активируются после совершения ошибки. Происходит мониторинг и сравнение информации о реальном действии с его планом-моделью в памяти. Детерминаторы и детекторы ошибок активируются при рассогласовании действия с моделью. У человека же возникает дискомфорт, ощущение, что он что-то забыл, или иная реакция на свое неверное поведение [26].

Внутренние механизмы преодоления неопределенности включают организацию индивидуально-психологической деятельности субъекта. Роль индивидуальности в наибольшей степени проявляется в задачах: вероятностных (с неопределенностью), требующих эвристических стратегий решения, в сравнении с задачами детерминистскими, требующими алгоритмических стратегий (Козелецкий, 1979); новых для субъекта в отличие от знакомых ему (Моляко, 1976); на ранних стадиях решения (Бондаровская, 1972; Лебедева, 1986); в развернутой внешне выраженной деятельности по решению в сравнении с симультанной интериоризованной (Бороздина, 1985) (цит. по: [22]).

И.Г. Скотникова установила, что наблюдатели с динамичными свойствами когнитивных стилей используют более подвижные стратегии решения в пороговом зрительном различении. Для более импульсивных лиц характерна более высокая скорость ПР и уверенность в правильности выносимых решений (корреляции индексов импульсивности, скорости и уверенности на уровне $0.71, p < 0.01$) и худшие результаты различения, чем для более рефлексивных (двукратные различия для лиц на полюсах этого когнитивного стиля). Возможно, в силу повышенной уверенности у импульсивных людей нет потребности в тщательном анализе информации (что проявляется в редуцированных глазодвигательных стратегиях при зрительном различении в тесте Кагана (Borkowsky et al., 1986; Messer, 1976; цит. по: [22]), и потому они часто поспешно принимают ошибочные решения. У флексибильных лиц динамика

критерия ПР более выражена и в большей степени адекватна требованиям (платежным матрицам ответов), чем у ригидных [22]. Сходные данные получены при обнаружении звуковых сигналов в шуме (Войтенко, 1989; Кочетков, Скотникова, 1993; цит. по: [22]).

Новые материалы других авторов статьи приведены подробнее. Они обсуждаются в связи с идеями Бардина в развитие цитированных работ авторов.

СЕНСОРНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В КОНТЕКСТЕ ДРУГИХ ПСИХИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И СОСТОЯНИЙ

Под руководством К.В. Бардина Т.А. Забродина установила повышение зрительной чувствительности при включении ее в более высокоорганизованную мыслительную деятельность [8]. Она продолжает изучать сенсорные феномены в контексте других психических процессов и состояний: при стрессе и патологии.

Сенсорная деятельность при эмоциональном стрессе

Не удалась попытка описания стресса через состояние эндокринных желез и концентрацию гормонов в плазме крови, поскольку эти характеристики зависят от выработки гормонов и их потребления органами-мишенями; взаимодействуют стресс-реализующая и стресс-лимитирующая системы [16]. Т.А. Забродина и А.С. Сорокин [13] выбрали иной — психофизический метод диагностики стресса через функционирование сенсорных систем.

Методика. Изучались временные и структурные параметры сенсорного процесса в обычных условиях и при эмоциональном стрессе. Естественным источником стресса было ожидание испытуемыми приема у стоматолога, а для снятия стресса вводился однократный прием комплексного гомеопатического препарата стресс-сан (валериана С6, игнация С30, пассифлора С12). Каждый из его компонентов — самостоятельное гомеопатическое средство, давно зарекомендовавшее себя в лечении стресса. Воздействие на организм гомеопатических соединений подтверждается, в частности, пролонгированными нейрофизиологическими ответами изолированных нейронов моллюсков к восьми биологически активным веществам в сверхмалых дозах: 10^{-15} – 10^{-27} моль/л [28].

Изучалось зрительное различение длин линий по лицензированной авторской компьютерной методике с использованием психофизического метода “Да – нет”. Применение методов психофизики в этом и других отечественных исследованиях

неизменно опирается на самое подробное и теоретически проработанное руководство Бардина [6]. У 20 пациентов стоматологической клиники оценивалось различие: в серии 1 при исходном уровне стресса перед лечением, в серии 2 через 10–15 минут после приема стресс-сана, следовавшего за серией 1, в серии 3 в отсутствие стресса через три дня после лечения. В каждой пробе испытуемым на пять секунд предъявляли две горизонтальные прямые линии. В основном эксперименте после 10-минутной тренировки давались 50 проб: в 25-ти линии были одинаковой длины (пустые пробы) и в 25 различались на 10% (сигнальные пробы). Пустые и сигнальные пробы и взаимное расположение линий были случайными. Участники оценивали линии в парах как одинаковые или разные. Оценивались следующие показатели:

$P(H)$ – вероятность обнаружений сигнала (Probability of Hits), когда правильно обнаруживалось неравенство линий;

$P(FA)$ – вероятность ложных тревог (Probability of False Alarms), когда равные линии оценивались как неравные;

d' – индекс сенсорной чувствительности, отражающий точность различения и рассчитанный на основе индексов $P(H)$ и $P(FA)$ по таблицам нормального распределения;

RT – время ответа (Response Time), интервал между появлением линий на экране и ответом испытуемого;

Pn – показатель критерия принятия решения (ПР), позволяющий оценить участие несенсорных факторов в процессе решения сенсорной задачи: $Pn = P(H) / (P(H) + P(FA))$ – доля ложных тревог среди всех ошибок (ложных тревог и пропусков сигнала) [3], $P(Miss) = 1 - P(H)$ – показатель пропусков сигнала, когда неравные линии оценивались как равные. Чем ниже значение Pn (меньше доля ложных тревог среди всех ошибок), тем выше строгость критерия.

Статистическая достоверность различий между показателями в трех сериях оценивалась по критерию знаков.

Результаты и обсуждение. Средние показатели по всем 1000 пробам каждой серии (50 проб × 20 пациентов) приведены в таблице 1.

1. Получены достоверные результаты после приема стресс-сана.

1.1. Снижение доли ложных тревог $P(FA)$ ($p < 0.05$) и в результате повышение индекса различимости d' ($p < 0.05$) одновременно со снижением индекса критерия ПР Pn ($p < 0.05$), означающем повышение его строгости.

1.2. Уменьшение времени ответа RT ($p < 0.01$).

Низкий начальный уровень различения в сочетании с высоким показателем времени ответа может отражать стресс пациентов перед стоматологическим лечением. В дискомфортном состоянии, затрудняющем различение, пациенту приходится принимать пониженное значение строгости критерия для поддержания устойчивой пропорции ответов “Да, был сигнал”. А повышение различимости в сочетании с уменьшением времени ответа после приема стресс-сана может указывать на то, что пациенты чувствуют себя комфортнее и потому становятся внимательнее, что приводит к более точным наблюдениям и потому позволяет принимать более строгие значения критерия.

Таким образом, у пациентов после снижения уровня стресса под действием гомеопатического препарата сенсорные характеристики улучшились.

2. Из таблицы 1 видно, что в серии 1 при стрессе в сравнении с серией 3 без стресса было выше время ответа RT ($p < 0.01$) и ниже индекс чувствительности d' ($p < 0.05$), что связано с большей вероятностью ложной тревоги $P(FA)$ ($p < 0.05$), в результате чего индекс критерия решения Pn повышен ($p < 0.05$), т.е. принимается менее строгий критерий для поддержания пропорции ответов “Да”. Все показатели в серии 3 без стресса близки к показателям в серии 2 после приема стресс-сана. Это вновь указывает на его способность снижать стресс.

По анализу индивидуальных данных выделены три группы пациентов, различавшихся стратегиями

Таблица 1. Психофизические показатели стресс-реакции в трех сериях: 1 – начальная, 2 – после приема стресс-сана, 3 – через три дня после стоматологического лечения

Серии	$P(H)$	$P(FA)$	d'	RT	$P(Miss)$	Pn
1	0.8	0.22	1.61	1.879	0.21	0.51
2	0.82	0.14	1.96	1.31	0.18	0.45
3	0.8	0.15	1.88	1.274	0.2	0.43

Таблица 2. Средние по группам показатели зрительного различения в сериях 1 (стресс) и 3 (отсутствие стресса)

№ группы	$P(H)$		$P(FA)$		d'		RT		$P(Miss)$		Pn	
	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3
Группа 1: $n = 4$, 200 проб	0.88	0.78	0.2	0.15	2.02	1.81	1.63	1.21	0.3	0.22	0.62	0.40
Группа 2: $n = 12$, 600 проб	0.82	0.81	0.21	0.09	1.72	2.22	1.68	1.51	0.17	0.19	0.55	0.32
Группа 3: $n = 4$, 200 проб	0.63	0.84	0.36	0.26	0.69	1.63	1.71	1.14	0.37	0.16	0.49	0.62

и результатами решения сенсорной задачи при стрессе и без него (табл. 2).

В 1-й группе (4 человека) в серии 1 при стрессе вероятность обнаружения $P(H)$ выше, чем в серии 3 без стресса ($p < 0.05$), и вероятность ложной тревоги $P(FA)$ выше ($p < 0.05$), однако в меньшей степени, поэтому результирующие индексы чувствительности d' и критерия Pn тоже выше ($p < 0.05$, критерий менее строгий), чем в серии 3 без стресса. Такое нетипичное сочетание небольшого, но все же роста чувствительности, позволяющего повысить строгость критерия, со снижением его строгости аналогично феномену, обнаруженному авторами у пациентов с аллергодерматозами (см. ниже), дает возможность предположить сходную повышенную тревожность испытуемых 1-й группы, ведущую к излишней “либерализации” критерия.

Во 2-й группе (12 человек) индекс чувствительности d' существенно ниже в серии 1 при стрессе ($p < 0.01$) из-за роста вероятности ложной тревоги $P(FA)$ более, чем вдвое ($p < 0.01$), в сравнении с серией 3 без стресса при статистически равных значениях вероятности обнаружения $P(H)$ в обеих сериях. В результате динамика критерия Pn такая же, как и в 1-й группе, – его строгость при стрессе ниже ($p < 0.01$) в сравнении с отсутствием стресса. Этот механизм позволял поддержать пропорцию ответов “Да, был сигнал” для компенсации ее снижения из-за падения чувствительности при стрессе.

В 3-й группе (4 человека) стресс привел к снижению индекса чувствительности d' более чем вдвое ($p < 0.01$), за счет снижения вероятности обнаружения $P(H)$ ($p < 0.01$) и роста вероятности ложной тревоги $P(FA)$ ($p < 0.05$). В этой группе наблюдалась обратная динамика критерия Pn : он стал более строгим при стрессе ($p < 0.05$). То есть вновь отмечено нетипичное сочетание динамики чувствительности и критерия при стрессе (но обратное, в сравнении с 1-й группой): падение чувствительности, при котором для компенсации частоты ответов “Да” ожидается снижение строгости критерия и вместе с тем рост

его строгости. Возможно, в 3-й группе стресс дезорганизовал сенсорную деятельность, нарушал ее логику.

Временные характеристики решения сенсорной задачи имели одинаковую динамику у всех пациентов (100%) во всех трех группах: стресс приводил к росту времени ответа ($p < 0.01$).

Итак, структура процесса различения сигналов была индивидуально неоднородной при стрессе. У 1-й группы пациентов (20%) чувствительность возросла за счет учащения обнаружений сигнала, превышавшего слабое учащение ложных тревог, у 2-й группы (60%) – снизилась из-за резкого учащения ложных тревог, у 3-й группы (20%) – резко снизилась из-за урежения обнаружений сигнала и учащения ложных тревог. На основе сочетания этих показателей 1-ю группу можно назвать наиболее стрессоустойчивой, 2-ю – средне стрессоустойчивой, 3-ю – наименее стрессоустойчивой. После снижения уровня стресса под действием стресс-са на все сенсорные характеристики улучшались.

Результаты указывают на диагностическое значение использованной психофизической методики для оценки стрессоустойчивости и согласуются с данными о том, что чрезмерное эмоциональное возбуждение, переходящее в негативные эмоции, препятствует успешному выполнению деятельности [16; 18].

Сенсорная деятельность при патологии

Известны нарушения в работе сенсорных систем при психопатологии: шизофрении, психопатиях, задержке психического развития [5; 7; 17; см. там же: Забродин, Фришман, 1977; 25]. В работе же Т.А. Забродиной, А.С. Сорокина [14] исследовалась практически неизученная специфика сенсорных процессов при хронических соматических заболеваниях.

Методика. Психофизическая методика была той же, что в исследовании роли стресса: изучалось зрительное различение длин линий методом “Да – нет” (см. выше). Участвовали 20 здоровых взрослых испытуемых и три группы по 20 пациентов стационаров г. Тулы

с соматическими заболеваниями (онкология, ДЦП, аллергодерматозы). Статистическая достоверность различий между показателями у здоровых и больных лиц оценивалась с помощью *t*-теста Стьюдента.

Результаты и обсуждение. Значимых различий между показателями в зависимости от возраста испытуемых не было. Средние по группам результаты представлены в таблице 3.

Вероятность обнаружения сигнала в группе ДЦП значительно ниже, чем у здоровых лиц ($p < 0.01$), а в группе аллергодерматозов существенно выше ($p < 0.01$). Вероятность ложной тревоги во всех группах лиц с патологиями значимо выше, чем у здоровых ($p < 0.01$). В результате в группах лиц с онкологией и с ДЦП зрительная чувствительность значительно ниже и лишь в группе с аллергодерматозами немного выше, чем в группе здоровых, что объясняется избыточной чувствительностью и реактивностью аллергиков. Время ответа существенно выше в группе лиц с онкологией и особенно с ДЦП ($p < 0.01$), чем у здоровых. То есть большая часть данных указывает на нарушения сенсорного звена приема и переработки зрительной информации при тяжелых хронических заболеваниях.

Снижение строгости критерия ПР ярко выражено во всех группах пациентов. При онкологии и ДЦП этот механизм способствовал поддержанию пропорции ответов “Да, был сигнал” для компенсации ее снижения в силу падения сенсорной чувствительности. Вместе с тем наибольшая “либерализация” критерия у аллергиков, несмотря на их несколько повышенную зрительную чувствительность, может быть проявлением “перестраховки” из-за свойственной им тревожности по поводу постоянной подверженности аллергии. Таким образом, строгость критерия снижается у всех больных, но психологическое содержание этой стратегии как механизма компенсации их дискомфортных состояний для решения сенсорной задачи выступает различным при разных патологиях.

СЕНСОРНЫЕ ПОРОГИ У ДОШКОЛЬНИКОВ

К.В. Бардин [4–5] положил начало в отечественной психофизике исследованиям сенсорной деятельности детей, в том числе с патологией умственного развития. Это направление продолжается А.С. Алексеевой и О.В. Ломтатидзе [2; 19].

Решение пороговых задач связано с сенсорным действием, формирующимся в онтогенезе на базовом уровне когнитивных процессов под контролем управляющих функций [11]. Поэтому актуальна оценка соотношений между количественными индексами порога и качественными нейропсихологическими характеристиками как показателями нейрокогнитивного развития в сензитивный период у дошкольников. Однако не было методики, позволяющей сопоставлять их пороговые пробы с нейропсихологическими. Такая методика предложена авторами [2].

Методика. С 33 нормотипичными дошкольниками 6–7 лет (17 девочками и 16 мальчиками) проведены эксперименты по трем группам методик.

1. Пороговые: оценки нижнего зрительного абсолютного порога (острота зрения – кольца Ландольта), тактильно-кинестетического порога различения масс по методу Кикчеева, нижнего абсолютного слухового порога методом аудиометрии [15].

2. Нейропробы: графомоторная проба “Заборчик” для оценки графомоторных навыков (темп, плавность и четкость движений, дрожание руки), макро- и микрография, проба “Доски Сегена” для оценки точности мелкой моторики рук и тактильного распознавания без зрительного контроля, нейропроба Озерецкого для изучения серийной организации движений [20].

3. Оценка индексов функциональной асимметрии головного мозга [1]: сенсорные пробы на асимметрию зрительного, слухового и тактильного восприятия и моторные пробы на асимметрию ног и рук; динамометрия. Значимость изучаемых взаимосвязей оценена путем корреляционного анализа Спирмена, значимость влияния функциональной асимметрии

Таблица 3. Показатели сенсорного процесса в норме и патологии

Показатели/группы	Здоровые	Онкология	ДЦП	Аллергодерматозы
$P(H)$	0.79	0.84	0.61*	0.97*
$P(FA)$	0.14	0.32*	0.42*	0.42*
RT	1.06	1.57*	2.12*	1.04
d'	1.88	1.46*	0.48*	2.08*
Pn	0.4	0.67*	0.52*	0.93*

Примечание. * – значимые различия у больных в сравнении с контрольной группой здоровых.

Таблица 4. Взаимосвязи пороговых характеристик с показателями нейропроб

Характеристика	Тактильный порог правой руки	Тактильный порог левой руки	Слуховой порог правого уха	Слуховой порог левого уха	Зрительный порог правого глаза
Тактильный порог левой руки	0.72				
Слуховой порог левого уха			0.9		
Зрительный порог правого глаза		0.45			
Зрительный порог левого глаза					0.81
Плавность движений справа	0.7	0.5			
Плавность перехода слева				-0.32	
Серийная организация справа	0.7	0.5			
Реципрокность движений справа	0.7	0.5			
Темп движений справа	0.8	0.5			
Темп движений слева		0.36		-0.32	
Ошибки выполнения справа	0.8	0.5			
Ошибки выполнения слева				-0.32	
Дрожжание слева				-0.36	
Динамометрия справа					-0.41
Динамометрия слева					-0.33
Сенсорная амбидекстрия			0.3	0.32	
Общая амбидекстрия			0.3	0.32	

Примечание. Указаны достоверные значения коэффициента корреляции: $r_s \geq r_s \text{ кр.}, p < 0.05$.

на исследуемые показатели – путем однофакторного дисперсионного анализа.

Результаты. Результаты представлены в таблице 4.

Наибольшее число значимых взаимосвязей обнаружено для тактильных порогов ($r_s \geq r_s \text{ кр.}, p < 0.05$). Пороги для правой и левой руки (обозначенные через/соответственно) прямо пропорциональны друг другу: $r_s > 0.72$ и группе нарушений показателей моторных и графомоторных проб, выполненных правой рукой, таких как: плавность выполнения действий: $r_s = 0.70 / r_s = 0.50$, серийная организация движений: $r_s = 0.70 / r_s = 0.50$, реципрокность движений рук: $r_s = 0.70 / r_s = 0.50$, темп движений рук: $r_s = 0.80 / r_s = 0.50$, суммарные ошибки выполнения графомоторных проб: $r_s = 0.80 / r_s = 0.50$.

Тактильный порог для левой руки также прямо пропорционален нарушениям темпа движений для нее: $r_s = 0.36$ и индексу зрительного порога правого глаза: $r_s = -0.45$. Дисперсионный анализ показал достоверные взаимосвязи между функциональной асимметрией и тактильными порогами ($F = 7.78; p < 0.05$). Порог для правой руки значимо ниже, чем для левой.

Слуховые пороги для правого и левого уха связаны между собой наиболее сильной прямой взаимосвязью: $r_s = 0.90$. Порог для левого уха обратно пропорционален показателям нейропсихологических проб, выполненных левой рукой. Это дрожание руки: $r_s = -0.36$, нарушение плавности перехода моторных программ: $r_s = -0.32$, общие

ошибки выполнения: $r_s = -0.32$. Слуховые пороги для правого и левого уха связаны с индексами сенсорной и суммарной (сенсорная + моторная) амбидекстрии: $r_s = 0.30$; 0.32 . Зрительные пороги обнаружили наименьшее число взаимосвязей. Межпороговая корреляция оказалась высокой: $r_s = 0.81$, порог для правого глаза обратно связан с показателями динамометрии для правой и левой рук: $r_s = -0.41$ / $r_s = -0.33$.

Поскольку формирование сенсорных порогов – базовая стадия функционирования ведущих когнитивных процессов, можно интерпретировать наши данные следующим образом. Зрительная система проявляется в жизнедеятельности старших дошкольников как наиболее независимая от других сенсорных систем, что выражается в наименьшей связанности ее характеристик с остальными изучаемыми параметрами. Выявленные взаимосвязи зрительных порогов с силовыми характеристиками рук, видимо, являются следствием формирования системы “глаз–рука”. Известно, что слуховые пороги формируются наиболее рано в онтогенезе. Они максимально устойчивы к воздействию формирующихся нейросенсорных систем, в том числе функциональной асимметрии, что выражается в максимальной взаимосвязи между порогом для правого и левого уха, их достоверной взаимосвязи с амбидекстрией.

Ожидается наибольшее число взаимосвязей с графомоторными пробами, выполненными правой и левой рукой, показала их тактильная чувствительность. Разнообразие ее связей с другими изучаемыми характеристиками доказывает наличие активной фазы формирования порогов у детей 6–7 лет в связи с интенсивным обучением в этот период графическим навыкам письма и рисования. Также возможна меньшая интенсивность “давления среды” (термин из теории эволюции) на тактильно-кинестетическую систему в сравнении со зрительной [19; 25] и слуховой, и поэтому большая изменчивость тактильных порогов.

Можно заключить, что различия в требованиях среды к формирующимся сенсомоторным функциональным системам у детей 6–7 лет приводят к различным схемам структурных взаимосвязей порогов с графомоторными характеристиками нейропсихологических проб и индексами функциональной асимметрии мозга.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время развитие плодотворных идей и подходов К.В. Бардина в области психофизики наиболее продуктивно происходит в трех ее областях. Его теоретически принципиальное достижение –

разграничение классической объектной и современной субъектной парадигм психофизики – позволило далее выявить психологическое содержание активности субъекта сенсорных измерений как его индивидуально-психологической сенсорной деятельности. Поэтому субъектный подход в психофизике конкретизирован как субъектно-деятельностный. Более того, сформулирован субъектно-поведенческий подход к изучению поведения животных: их изучение как индивидуально активных агентов, а не как лишь существ, пассивно реагирующих на внешние сигналы. Исследуется целый ряд индивидуально-психологических особенностей рептилий и низших млекопитающих в сенсорных и когнитивных задачах. Субъектную парадигму, а также принятие решения Бардин рассматривал как сферы оптимального приложения усилий психологов в психофизике. Ведь в принятии решения наиболее выражена активность субъекта, в сравнении с сенсорной чувствительностью, в большей степени определяемой физиологическими факторами. Теоретически систематизированы представления о психологическом содержании и моделях принятия решения, парадигмы его изучения в задачах когнитивного выбора, его мозговые механизмы у человека и животных. Экспериментально выявлены индивидуальные особенности принятия решения, обнаружен феномен задержки ошибочных ответов, психологическим механизмом которого выступают сомнения человека перед ошибкой. Книга Бардина о пороговой проблеме и психофизических методах не только продолжает оставаться ведущим руководством по психофизике в России, но и стала основой изложения этих методов в англоязычном учебном издании по когнитивной нейронауке.

Под руководством К.В. Бардина установлено повышение зрительной чувствительности при ее включении в более высокоорганизованную мыслительную деятельность. Продолжается изучение сенсорных феноменов в контексте других психических процессов и состояний. Изучаются временные и структурные параметры сенсорного процесса при эмоциональном стрессе и соматической патологии (тогда как ранее сенсорная динамика изучалась лишь при психических расстройствах). Разработан психофизический метод диагностики стресса через функционирование сенсорных систем. С помощью этого метода оценен индивидуальный уровень стрессоустойчивости испытуемых на основе динамики показателей их сенсорной чувствительности и критерия принятия решения. Тем самым установлено диагностическое значение психофизической методологии для оценки стрессоустойчивости. Выявлены нарушения сенсорного звена приема и переработки зрительной информации при

четырёх тяжелых хронических заболеваниях. Динамика уровня сенсорной чувствительности различается при разных видах патологии, а строгость критерия решения снижается у пациентов со всеми четырьмя видами патологии. Однако психологическое содержание этой стратегии как механизма компенсации их дискомфортных состояний для решения сенсорной задачи выступает различным при разных видах патологии.

К.В. Бардин положил начало в отечественной психофизике исследованиям сенсорной деятельности детей, в том числе с патологией умственного развития. Это направление продолжает развиваться. Решение пороговых задач связано с сенсорным действием, формирующимся в онтогенезе на базовом уровне когнитивных процессов под контролем управляющих функций. Поэтому актуальна оценка соотношений между количественными индексами сенсорных порогов и качественными нейропсихологическими характеристиками как показателями нейрокогнитивного развития детей в сензитивные периоды. Однако не было методики, позволяющей сопоставлять их пороговые пробы с нейропсихологическими. Такая методика была разработана. У дошкольников оценены зрительные, слуховые и тактильные пороги. Выявлены их взаимосвязи с проявлениями нейрокогнитивного развития детей путем оценки функциональной асимметрии полушарий мозга. Установлено, что различия в требованиях среды к формирующимся сенсомоторным функциональным системам у детей 6–7 лет приводят к различным схемам структурных взаимосвязей порогов с графомоторными характеристиками нейропсихологических проб и индексами функциональной асимметрии.

Таким образом, наследие К.В. Бардина продолжает оставаться одной из важнейших теоретических, методологических и экспериментальных основ современных разработок в отечественной психофизике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Александров С.Г.* Функциональная асимметрия и межполушарные взаимодействия головного мозга. Иркутск: ИГМУ, 2014.
2. *Алексеева А.С., Ломтатидзе О.В., Скотникова И.Г.* Половозрастные и деятельностные факторы формирования порогов зрительного восприятия у младших подростков // История, современность и перспективы развития психологии в системе Российской академии наук: материалы Международной юбилейной научной конференции, посвященной 50-летию создания Института психологии РАН, 16–18 ноября 2022 г. / Отв. ред. Д.В. Ушаков и др. М.: Изд-во “Институт психологии РАН”, 2022. С. 194–195.
3. *Аткинсон Р.К., Бауэр Г.Х., Кротерс Э.Дж.* Введение в теорию математического обучения. Нью-Йорк: Wiley, 1965.
4. *Бардин К.В.* Исследование сенсорной памяти и различительной чувствительности к цвету у детей школьного возраста // Вопросы психологии. 1960. № 2. С. 107–117.
5. *Бардин К.В.* О цветоразличении у умственно-отсталых детей // Доклады АПН РСФСР. 1962. № 4. С. 119–122.
6. *Бардин К.В.* Проблема порогов чувствительности и психофизические методы. М.: Наука, 1976.
7. *Бардин К.В., Забродин Ю.М., Иваницкий А.М., Матвеева Л.В.* Особенности регуляции сенсорно-перцептивного процесса при некоторых психических расстройствах // Психофизика сенсорных систем. М.: Наука. 1979. С. 153–189.
8. *Бардин К.В., Забродина Т.А.* Изменения сенсорной чувствительности при решении мыслительных задач // Вопросы психологии. 1988. № 1. С. 149–154.
9. *Бардин К.В., Индлин Ю.А.* Начала субъектной психофизики. М.: Изд-во “Институт психологии РАН”, 1993.
10. *Бардин К.В., Михалевская М.Б., Скотникова И.Г.* Сравнительный анализ методов средней ошибки и вынужденного выбора // Психологический журнал. 1980. Т. 1. № 2. С. 99–110.
11. *Безруких М.М., Теребова Н.Н.* Зрительное восприятие как интегративная характеристика познавательного развития детей 5–7 лет // Новые исследования. 2008. № 1. С. 13–26.
12. *Гусев А.Н.* От психофизики чистых ощущений к психофизике сенсорных задач: системно-деятельностный подход в психофизике // Вопросы психологии. 2013. № 3. С. 143–155.
13. *Забродина Т.А., Сорокин А.С.* Различение зрительных сигналов в условиях стресса // Процедуры и методы экспериментально-психологических исследований. М.: Изд-во “Институт психологии РАН”, 2016. С. 222–226.
14. *Забродина Т.А., Сорокин А.С.* Сенсорная чувствительность у людей с хроническими заболеваниями // Фундаментальные и прикладные исследования современной психологии. М.: Изд-во “Институт психологии РАН”, 2017. С. 1545–1548.
15. *Затолюка П.А.* Методы исследования слуха. Минск: БГМУ, 2009.
16. *Иванова М.К., Панкова Е.А., Скрынская О.А.* Влияние стресса на эффективность обучения // Современное образование: содержание, технологии, качество. 2024. Т. 1. С. 357–360.
17. *Корж Н.Н., Вайткявичус Г.Г.* О механизме сенсорных процессов при обнаружении сигналов у больных шизофренией // Журнал невропатологии и психиатрии им. С.С. Корсакова, 1972. Т. 72. № 11. С. 1689–1694.

18. *Космолинский Ф.П.* Эмоциональный стресс при работе в экстремальных условиях. М.: Медицина, 1976.
19. *Ломтатидзе О.В., Алексеева А.С.* Особенности зрительного восприятия младших школьников с трудностями в обучении // *Обзоры по клинической фармакологии и лекарственной терапии.* 2018. Т. 16. № 1. С. 91.
20. Методы нейропсихологического обследования детей 6–9 лет: коллективная монография / Т.В. Ахутина, А.А. Корнеев, Е.Ю. Матвеева и др.; под ред. Т.В. Ахутиной. М.: В. Секачев, 2016.
21. *Скотникова И.Г. Вклад К.В. Бардина* в развитие психофизики // *Психологический журнал.* 2000. Т. 23. № 6. С. 77–82.
22. *Скотникова И.Г.* Проблемы субъектной психофизики. М.: Изд-во “Институт психологии РАН”, 2008.
23. *Скотникова И.Г.* Принятие решения — ключевое звено психической деятельности // *Разработка понятий в современной психологии.* Т. 3 / Под ред. А.Л. Журавлева, Е.А. Сергиенко, Н.Е. Харламенковой, Г.А. Виленской. М.: Изд-во “Институт психологии РАН”, 2021. С. 162–200.
24. *Скотникова И.Г., Желанкин Р.В.* Активность и индивидуальность рептилий в процессе принятия решения: субъектно-поведенческий подход // *Психология человека как субъекта познания, общения и деятельности: сборник научных трудов / Под ред. В.В. Знакова, А.Л. Журавлева.* М.: Изд-во “Институт психологии РАН”. С. 1169–1180.
25. *Толмачева Е.А., Максименко М.Ю.* Зрительная иллюзия Мюллера-Лайера у детей младшего школьного возраста в норме и при задержке психического развития // *Актуальные проблемы современного образования.* 2019. Т. 26. С. 166–177.
26. *Bechtereva N.P., Shemyakina N.V.* Error detection mechanisms of the brain: Background and prospects // *International Journal of Psychophysiology.* 2005. Т. 58. № 2–3. P. 227–234.
27. *The SAGE Handbook of Cognitive and Systems Neuroscience.* V. 1. Part VI. Ch. 39 / Ed. G.J. Boyle et al. SAGE Publications Ltd (UK), 2023.
28. *Terekhova S.F., Grechenko T.N.* Regulation of the neuronal functional state by ultralow doses of different biologically active substances. Nonspecific effect // *Radiats Biology Radioecology.* 2003. May–June. V. 43. № 3. P. 315–319.

PSYCHOPHYSICS TODAY IN THE DEVELOPMENT OF K.V. BARDIN'S WORKS²

I. G. Skotnikova^{1,*}, T. A. Zabrodina^{2,**}, A. S. Sorokin^{2,***},
A. S. Alekseeva^{3,****}, O. V. Lomtadidze^{3,*****}

¹*Institute of Psychology Russian Academy of Sciences;
2129366, Moscow, Yaroslavskaya str., 13, bldn. 1, Russia.*

²*Tula State University;
300012, Tula, Lenin ave., 92, Russia.*

³*Ural Federal University;
620062, Sverdlovsk region, Yekaterinburg, Mira str., 19, Russia.*

* *Sc.D. (Psychology), Leading Researcher.
E-mail: iris236@yandex.ru*

** *Ph.D. (Psychology), Associate Professor.
E-mail: tatzab53@mail.ru*

*** *Ph.D. (Medical Sciences), Associate Professor.
E-mail: tatzab53@mail.ru*

**** *Senior Lecturer
E-mail: a.s.alexeeva@urfu.ru*

***** *Ph.D. (Psychology), Associate Professor.
E-mail: olga.lomtadidze@urfu.ru*

Received 31.01.2025

²The work was carried out according to state assignment № 0138-2025-0012.

Abstract. Modern studies are presented as developing K.V. Bardin's ideas. The subject-oriented approach in psychophysics is specified as a subject-activity-oriented approach. Strategies of observer's sensory activity serve as the psychological mechanism for individuality contribution to performance. Studies of decision-making in sensory tasks have revealed: an unconscious anticipation of future decisions, doubts as the internal mechanism of decision errors. The subject-behavioral approach to animal behavior studying has been formulated. In visual tasks individually-typological groups of reptiles have been identified according to the impulsivity parameter. Under emotional stress, decreased success has been found in visual discrimination: in sensitivity and decision-making criterion conservatism along with decision time increase. Taking the anti-stress homeopathic medicine has improved these characteristics up to the normal level, and they allowed to identify groups of observers with different stress resistance. So its diagnostic is possible via the psychophysical method used. Visual sensitivity in persons with hard somatic diseases (oncology, cerebral palsy, allergic dermatoses) depended on the type of pathology, and could be both lower and higher than in healthy ones. The criterion conservatism was reduced in all groups of patients, but the psychological content of this strategy (as a mechanism for their discomfort compensating in order to the sensory task performing) is different for different pathologies. Visual, auditory and tactile thresholds have been assessed in preschoolers. Neuropsychological tests have been conducted and functional asymmetry of the cerebral hemispheres has been assessed to determine their relationships with manifestations of neurocognitive development in children. Various structural and functional relationships of threshold values with graphomotor neuropsychological characteristics and asymmetry indices have been established in the leading sensory systems studied.

Keywords: K.V. Bardin, psychophysics, sensory tasks, sensory activity, visual sensitivity, decision making, subject-oriented approach, individual characteristics, stress, chronic diseases, ultra-low doses, neurocognitive development, functional asymmetry, neuropsychological tests.

REFERENCES

1. *Aleksandrov S.G.* Funkcional'naya asimmetriya i mezhpolutsharny'e vzaimodejstviya golovnogogo mozga. Irkutsk: IGMU, 2014. (In Russian)
2. *Alekseeva A.S., Lomtatidze O.V., Skotnikova I.G.* Polovozrastny'e i deyatelnostny'e faktory formirovaniya porogov zritel'nogo vospriyatiya u mladshih podrostkov. Istoriya, sovremennost' i perspektivy razvitiya psikhologii v sisteme Rossijskoj akademii nauk: materialy Mezhdunarodnoy yubileynoy nauchnoy konferentsii, posvyashchennoy 50-letiyu sozdaniya Instituta psikhologii RAN, 16–18 noyabrya 2022 g. Eds. D.V. Ushakov i dr. Moscow: Izd-vo "Institut psikhologii RAN", 2022. P. 194–195. (In Russian)
3. *Atkinson R.K., Baue'r G.H., Kroters E.* Dzh. Vvedenie v teoriyu matematicheskogo obucheniya. New York: Wiley, 1965. (In Russian)
4. *Bardin K.V.* Issledovanie sensornoj pamyati i razlichitel'noj chuvstvitel'nosti k czvetu u detej shkol'nogo vozrasta. Voprosy psikhologii. 1960. № 2. P. 107–117. (In Russian)
5. *Bardin K.V.* O czvetorazlichenii u umstvenno-otstaly'h detej. Doklady APN RSFSR. 1962. № 4. P. 119–122. (In Russian)
6. *Bardin K.V.* Problema porogov chuvstvitel'nosti i psikhofizicheskie metody. Moscow: Nauka, 1976. (In Russian)
7. *Bardin K.V., Zabrodin Yu.M., Ivanczkij A.M., Matveeva L.V.* Osobennosti regulyacii sensorno-perceptivnogo processa pri nekotory'h psikhicheskikh rasstrojstvah. Psikhofizika sensorny'h sistem. Moscow: Nauka. 1979. P. 153–189. (In Russian)
8. *Bardin K.V., Zabrodina T.A.* Izmeneniya sensornoj chuvstvitel'nosti pri reshenii my'slitel'ny'h zadach. Voprosy psikhologii, 1988, № 1. P. 149–154. (In Russian)
9. *Bardin K.V., Indlin Yu.A.* Nachala sub'ektnoj psikhofiziki. Moscow: Izd-vo "Institut psikhologii RAN", 1993. (In Russian)
10. *Bardin K.V., Mihalevskaya M.B., Skotnikova I.G.* Sravnitel'ny'j analiz metodov srednej oshibki i vy'nuzhden'nogo vy'bora. Psikhologicheskii zhurnal. 1980. T. 1. № 2. P. 99–110. (In Russian)
11. *Bezrukih M.M., Terebova N.N.* Zritel'noe vospriyatие kak integrativnaya harakteristika poznavatel'nogo razvitiya detej 5–7 let. Novye issledovaniya. 2008. № 1. P. 13–26. (In Russian)
12. *Gusev A.N.* Ot psikhofiziki chistyx oshchushcheniy k psikhofizike sensornykh zadach // sistemno-deyatelnostnyy podkhod v psikhofizike. Voprosy psikhologii. 2013. № 3. P. 143–155. (In Russian)
13. *Zabrodina T.A., Sorokin A.S.* Razlichenie zritel'ny'h signalov v usloviyah stressa // Procedury i metody e'ksperimental'no-psikhologicheskikh issledovanij. Moscow: Izd-vo "Institut psikhologii RAN", 2016. P. 222–226. (In Russian)
14. *Zabrodina T.A., Sorokin A.S.* Sensornaya chuvstvitel'nost' u lyudej s hronicheskimi zabolovaniami. Fundamental'ny'e i prikladny'e issledovaniya sovremennoj psikhologii. Moscow: Izd-vo "Institut psikhologii RAN", 2017. P. 1545–1548. (In Russian)
15. *Zatoloka P.A.* Metody issledovaniya sluha. Minsk: BGMU, 2009. (In Russian)
16. *Ivanova M.K., Pankova E.A., Skry'n'skaya O.A.* Vliyanie stressa na e'ffektivnost' obucheniya. Sovremennoe obrazovanie: sodержanie, tehnologii, kachestvo. 2024. V. 1. P. 357–360. (In Russian)

17. *Korzh N.N., Vajtkyavichus G.G.* O mehanizme sensory'kh processov pri obnaruzhenii signalov u bol'ny'h shizofreniej. Zhurn. nevropatologii i psikiatrii im. S.S. Korsakova, 1972. V. 72. № 11. P. 1689–1694. (In Russian)
18. *Kosmolinskij F.P.* E'mocional'ny'j stress pri rabote v e'kstremaal'ny'h usloviyah. Moscow: Medicina. 1976. (In Russian)
19. *Lomtadidze O.V., Alekseeva A.S.* Osobennosti zritel'nogo vospriyatiya mladshih shkol'nikov s trudnostyami v obuchenii. Obzory' po klinicheskoy farmakologii i lekarstvennoj terapii. 2018. V. 16. № 1. P. 91. (In Russian)
20. *Metody' nejropsikhologicheskogo obsledovaniya detej 6–9 let.* T.V. Akhutina, A.A. Korneev, E.Yu. Matveeva et al; ed. T.V. Akhutina. Moscow: V. Sekachev, 2016. (In Russian)
21. *Skotnikova I.G.* Vklad K.V. Bardina v razvitie psikhofiziki. Psikhologicheskii zhurnal. 2000. V. 23. № 6. P. 77–82. (In Russian)
22. *Skotnikova I.G.* Problemy' sub'ektnoj psikhofiziki. Moscow: Izd-vo "Institut psikhologii RAN", 2008. (In Russian)
23. *Skotnikova I.G.* Prinyatie resheniya — klyuchevoe zveno psikhicheskoy deyatel'nosti. Razrabotka ponyatij v sovremennoj psikhologii". V. 3. Eds. A.L. Zhuravlev, E.A. Sergienko, N.E. Kharlamenkova, G.A. Vilenskaya. Moscow: Izd-vo "Institut psikhologii RAN", 2021. P. 162–200. (In Russian)
24. *Skotnikova I.G., Zhelankin R.V.* Aktivnost' i individual'nost' reptilij v processe prinyatiya resheniya: sub'ektno-povedencheskij podhod. Psikhologiya cheloveka kak sub'ekta poznaniya, obshheniya i deyatel'nosti: sbornik nauchny'kh trudov. Eds. V.V. Znakov, A.L. Zhuravlev. Moscow: Izd-vo "Institut psikhologii RAN", P. 1169–1180. (In Russian)
25. *Tolmacheva E.A., Maksimenko M.YU.* Zritel'naya illyuziya Myullera-Lajera u detej mladshhego shkol'nogo vozrasta v norme i pri zaderzhke psihicheskogo razvitiya. Aktual'nye problemy sovremennogo obrazovaniya. 2019. V. 26. P. 166–177. (In Russian)
26. *Bechtereva N.P., Shemyakina N.V. et al.* Error detection mechanisms of the brain: Background and prospects. International Journal of Psychophysiology. 2005. V. 58. № 2–3. P. 227–234. (In Russian)
27. The SAGE Handbook of Cognitive and Systems Neuroscience. V. I. Part YI. Ch. 39. Ed. G.J. by Boyd et al. SAGE Publications Ltd (UK), 2023.
28. *Terekhova S.F., Grechenko T.N.* Regulation of the neuronal functional state by ultralow doses of different biologically active substances. Nonspecific effect. Radiats Biology Radioecology. 2003. May–June. V. 43. № 3. P. 315–319.