

УДК 612.821.2

“НЕСЛУХОВЫЕ” ЭФФЕКТЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ ШУМА НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

© 2023 г. Е. Э. Сигалева¹, О. Б. Пасекова¹, Н. В. Дегтеренкова¹,
Л. Ю. Марченко¹, *, Э. И. Мацнев¹

¹ФГБУН ГНЦ РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва, Россия

*E-mail: Golubajavoda@mail.ru

Поступила в редакцию 15.08.2022 г.

После доработки 26.09.2022 г.

Принята к публикации 31.01.2023 г.

Шум, генерируемый системами жизнеобеспечения, является одним из факторов, непрерывно воздействующих на организм космонавтов в условиях пребывания на Международной космической станции. Многолетнее наблюдение за состоянием слуховой системы космонавтов демонстрирует возможность развития как временных, так и постоянных (необратимых) сдвигов порогов слуха. Помимо этого, показано, что длительная экспозиция шума может неблагоприятно влиять на качество операторской деятельности и эффективную работоспособность. Однако, на сегодняшний день, тема “неслуховых” (экстраауральных) эффектов, вызываемых воздействием шума, изучена недостаточно. Целью данной работы явилось изучение эффектов воздействия белого шума интенсивностью 85 дБ в течение 2 ч на функциональное состояние центральной нервной системы у 10 здоровых добровольцев с нормальным слухом. Результаты исследования свидетельствуют о достоверном снижении концентрации внимания, объема рабочей памяти, а также скорости когнитивных процессов, связанных с распознаванием и анализом входящей информации, после воздействия шума. Кроме того, отмечено достоверное изменение параметров биоэлектрической активности головного мозга добровольцев: увеличение мощности α - и β -ритмов и снижение мощности “медленных” θ -ритмов ЭЭГ под воздействием шума.

Ключевые слова: экстраауральные эффекты шума, операторская деятельность, функциональное состояние центральной нервной системы.

DOI: 10.31857/S0131164622600677, **EDN:** XBKQPU

Шум, генерируемый системами жизнеобеспечения, является одним из факторов, непрерывно воздействующих на организм космонавтов в условиях пребывания на Международной космической станции (МКС) [1]. Согласно пункту 7.2.3.2 ГОСТ Р 50804-95 “Среда обитания космонавта в пилотируемом космическом аппарате”, рекомендованный допустимый уровень шума в условиях длительных космических полетов (КП) составляет 60 дБА в рабочее время и 50 дБА во время отдыха соответственно (ГОСТ Р 50804-95, 1995 г.). Вместе с тем, данные динамической регистрации уровней шума в рабочих отсеках и зонах отдыха космонавтов свидетельствуют о тенденции к превышению нормативных уровней шума на борту МКС [1, 2]. Так, превышение допустимых уровней шума в зоне рабочих мест составляет 18.4 дБА, переходных отсеков – 13.7 дБА и в каютах отдыха МКС – 19 дБА [3]. Согласно последним данным, представленным *A. Nakashima et al.*, интенсивность шума в отсеках МКС в рабочее время (16 ч) варьирует в пределах 71–

78 дБА, во время сна (8 ч) – 60–62 дБА, что, очевидно, превышает нормативные показатели [4]. Кроме того, в условиях МКС на организм космонавтов периодически воздействуют импульсные шумы с пиковым уровнем интенсивности, превышающим 115 дБА [4].

Результатом воздействия шума на организм человека является развитие временных или постоянных сдвигов порогов слуха в зависимости от интенсивности, продолжительности его экспозиции, а также индивидуальной чувствительности к шуму [5, 6]. Многолетнее наблюдение за функциональным состоянием слуховой системы космонавтов, совершивших длительные КП, продемонстрировало, что у лиц с индивидуальной чувствительностью к воздействию шума, может развиваться как временное, так и постоянное (необратимое) повышение порогов слуха после пребывания на борту орбитальной станции [7, 8].

Для лиц, хронически подвергающихся воздействию шумов различного происхождения, разработаны международный и национальный

Таблица 1. Средние межауральные значения тональных порогов слуха (дБ), Me (IQR), $n = 10$

Тестируемая частота, Гц	125	250	500	750	1000	2000	3000	4000	6000	8000
Порог слуха, дБ	7.5 (5–10)	7.5 (5–10)	7.5 (5–10)	7.5 (5–10)	7.5 (5–10)	5 (5–10)	7.5 (5–10)	7.5 (5–10)	10 (5–10)	10 (5–10)

стандарты, позволяющие прогнозировать вероятность стойкой потери слуха (развития постоянных сдвигов порогов слуха) с учетом интенсивности и продолжительности шумового воздействия (ISO 1999:2013; ГОСТ Р ИСО 1999–2017).

Помимо повышения порогов слуха временно́го или постоянного характера, шум может вызывать ряд “неслуховых” (экстрауральных) эффектов, изученных на сегодняшний день, недостаточно [9, 10]. Исследования показали, что хроническое воздействие шума может приводить к повышенной утомляемости, нарушениям сна, развитию заболеваний эндокринной и сердечно-сосудистой систем [10]. Таким образом, длительная экспозиция шума может провоцировать возникновение ряда изменений в организме человека, неблагоприятно влияющих на качество операторской деятельности и эффективную работоспособность [11].

Исследования, направленные на объективную оценку влияния шума на функциональное состояние центральной нервной системы (ЦНС) немногочисленны и, зачастую, посвящены изучению патологических изменений, вызываемых многолетним трудом в условиях воздействия совокупности неблагоприятных факторов, таких как шум, вибрация, психологическое и физическое перенапряжение.

Учитывая открывающуюся перспективу участия человека в продолжительных полетах по освоению дальнего космоса, дальнейшее изучение функционального состояния ЦНС и качества операторской деятельности в условиях длительного воздействия шума представляется особенно важным.

Цель данного исследования — изучение “неслуховых” (экстрауральных) эффектов 2-часового воздействия белого шума интенсивностью 85 дБ у 10 здоровых добровольцев с нормальным слухом.

МЕТОДИКА

В исследовании принимали участие 10 здоровых мужчин с нормальным слухом в возрасте от 26 до 43 лет. Экспозиция широкополосного белого шума интенсивностью 85 дБ составляла 2 ч. Шум указанных характеристик в настоящем исследовании был выбран в качестве основного воздействующего фактора, поскольку он включает весь диапазон воспринимаемых человеком ча-

стот с одинаковой амплитудой и спектральной плотностью. Шум воспроизводили в свободном звуковом поле через акустические колонки. Для воспроизведения шума использовали два динамика и один сабвуфер, расположенные по обеим сторонам от добровольца на расстоянии 50 см. Стабильность уровня эффективного звукового давления контролировали через каждые 10 мин на протяжении всего периода подачи шума при помощи шумомера “DT-85A”, установленного в области подголовника кресла испытуемого.

Исследования были выполнены в соответствии с утвержденной научной программой ГНЦ РФ — ИМБП РАН (г. Москва) “ШУМ-2020”.

Перед началом исследований добровольцы прошли медицинское обследование, включавшее осмотры специалистов (терапевта, невролога, хирурга, офтальмолога, оториноларинголога), проведение электрокардиографии, ультразвуковых и лабораторных исследований. К настоящим испытаниям врачебно-экспертной комиссией ГНЦ РФ — ИМБП РАН были допущены соматически здоровые мужчины с отсутствием заболеваний органа слуха в анамнезе. По данным отомикроскопического обследования и тональной аудиометрии была исключена патология слуховой системы на момент проведения исследований.

Ведущим критерием включения добровольцев в настоящее исследование являлись нормальные исходные тональные пороги слуха для всех тестируемых частот в диапазоне от 125 до 8000 Гц (в соответствии со стандартом ISO 7029:2017). Средние межауральные показатели (Me (IQR)) тональной пороговой аудиометрии 10 испытуемых представлены в табл. 1.

Исследование “ШУМ-2020” включало 2 экспериментальные серии: I — фоновые исследования функционального состояния ЦНС добровольцев (“Фон”); II — исследования функционального состояния ЦНС добровольцев после двухчасового воздействия белого шума интенсивностью 85 дБА (“Шум”).

Для оценки функционального состояния ЦНС добровольцев использовали регистрацию электрической активности головного мозга (электроэнцефалограмма — ЭЭГ), акустических когнитивных вызванных потенциалов, оценку объема рабочей памяти по методу А.Р. Лурия.

Регистрацию и спектральный анализ ЭЭГ проводили с помощью программно-аппаратного

комплекса “Энцефалан-131-03”. Суммарную биоэлектрическую активность мозга регистрировали монополярно с расположением электродов на кожных покровах головы согласно международной системе “10–20” в 19 отведениях с симметричных лобных, височных, центральных, теменных и затылочных отделов коры головного мозга. Объединенный референтный электрод располагали на мочках ушей.

Электроды ЭЭГ (комфортная электродная шапочка с встроенными хлорсеребряными электродами) устанавливали непосредственно перед началом эксперимента. Добровольцы находились в положении сидя в удобном кресле, в затемненном помещении. На протяжении всего исследования проводили непрерывное мониторирование ЭЭГ с записью 5-минутных отрезков ЭЭГ до начала воздействия (“Фон”) и сразу по окончании воздействия (“Шум”). В периоды записи ЭЭГ глаза испытуемых были закрыты.

После удаления артефактов записи ЭЭГ проводили расчет индивидуальных и средне групповых ($M \pm m$) показателей абсолютной мощности (мкВ^2) основных ритмов ЭЭГ: δ -(0.3–3.9 Гц); θ_1 -(4.0–5.9 Гц); θ_2 -(6.0–7.9 Гц); α -(8.0–12.9 Гц); β_1 -(13.0–19.9 Гц); β_2 -(20.0–35.0 Гц), для правого и левого полушарий головного мозга и суммарно для обоих полушарий. При оформлении результатов учитывали суммарные показатели мощности θ_1 -, θ_2 -, α -, β_1 -, β_2 -ритмов ЭЭГ. Параметры ритма δ не учитывались в анализе из-за возможного влияния глазодвигательных артефактов.

Для объективной оценки процессов направленного внимания и восприятия информации до и после воздействия шума указанных характеристик использовали метод регистрации акустических когнитивных вызванных потенциалов (АКВП), отражающий эндогенную биоэлектрическую активность, возникающую при выполнении когнитивных задач [12]. На кожные покровы головы фиксировали электроды: активный электрод (F_z) – отведение от лобно-центральной области, референтные электроды – отведения относительно ипсилатеральных мастоидальных отростков височной кости (M_1 и M_2). Заземляющий электрод (Fpz) устанавливали на кожу лба по средней линии на границе роста волос. При проведении методики была использована стандартная “odd-ball” парадигма, при которой применяли псевдослучайную акустическую бинауральную стимуляцию частыми “незначимыми” и редкими “значимыми” тональными послылками (были использованы стандартные условия стимуляции, установленные в программном обеспечении аппаратно-программного комплекса “Нейро-Аудио”, ООО “Нейрософт”, Россия).

На предъявление “значимых” сигналов добровольцы, сидящие с открытыми глазами, реагируют

нажатием кнопки. Использовали стандартные условия стимуляции: частоту стимуляции 1.1 Гц, эпоху анализа 625 мс, длительность стимула – 50 мс, интенсивность стимула – 70 дБ, период между стимулами – 1 с, максимальное количество стимулов 500. Частота тона “значимого” стимула – 2000 Гц, вероятность возникновения – 20%, форма огибающей – окно Блэкмана с участком возрастания амплитуды длительностью 0.5 периода волны, плато длительностью в 1 период волны, участком угасания сигнала длительностью 0.5 периода волны. Частота тона “незначимого” стимула – 1000 Гц, вероятность возникновения – 80%, форма огибающей – окно Блэкмана с участком возрастания амплитуды длительностью 0.5 периода волны, плато длительностью в 1 период волны, участком угасания сигнала длительностью 0.5 периода волны. После предъявления 140–150 стимулов и отбора безартефактных эпох (длительность эпохи усреднения составляла 1500 мс и включала 500 мс до предъявления стимула и 1000 мс после стимула) усредняли 25–30 ответов на “значимые” стимулы. Регистрацию и анализ временных характеристик АКВП (латентность пика Р3 и межпикового интервала N2–Р3 комплекса Р300, мс) проводили с использованием программно-аппаратного комплекса “НейроАудио” (ООО “Нейрософт”, Россия).

Для оценки состояния рабочей памяти применяли методику А.Р. Лурия “10 слов”, унифицированную в соответствии с условиями настоящего исследования. В процессе тестирования добровольцам медленно зачитывали 10 коротких, не связанных по смыслу слов (односложные или двухсложные, имена существительные в единственном числе в именительном падеже). Перед первым предъявлением слов давали инструкцию: “Будет прочитано несколько слов. Необходимо слушать внимательно. После окончания прочтения слов, сразу же повторите столько слов, сколько запомните. Повторять слова можно в любом порядке”. Перед вторым предъявлением слов давали следующую инструкцию: “Будут прочитаны те же слова, необходимо снова повторить их: те, которые уже названы, и те, которые в первый раз были пропущены. Порядок слов не важен”. Перед 3–5 предъявлениями эту инструкцию повторяли. В каждой из экспериментальных серий данную процедуру повторяли 5 раз (методика была унифицирована в соответствии с циклограммой настоящего исследования). После каждого предъявления фиксировали количество правильно названных слов, а также ошибки – повторы и замены слов. В серии “Шум” предъявляли аналогичный набор коротких, не связанных по смыслу слов по той же схеме.

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием пакета *STATISTICA* (версия 10.0).

Таблица 2. Показатели абсолютной мощности ритмов ЭЭГ, мкВ² (*Me (IQR)*; *n* = 10; *df* = 1)

Ритм ЭЭГ, мкВ ² (<i>M ± m</i>)	Серия “Фон”	Серия “Шум”	<i>p</i>	<i>Z</i>
θ ₁ -ритм	11.1 ± 0.7	9.9 ± 0.6	0.004	2.909
θ ₂ -ритм	12.9 ± 0.7	11.3 ± 0.6	0.017	2.387
α-ритм	26.4 ± 1.9	30.3 ± 1.9	0.846	0.194
β ₁ -ритм	10.2 ± 0.4	11.6 ± 0.4	0.016	2.404
β ₂ -ритм	3.4 ± 0.1	5.1 ± 0.3	0.008	2.635

Значения анализируемых параметров представлены как медиана (*Me*) и интерквартильный размах (*IQR*). Для сравнения значимости различий между средними значениями выборок использовали непараметрический критерий Вилкоксона. На всех этапах исследования различия оценивали по сравнению с фоновыми значениями. Статистически значимыми считали различия при *p* < 0.05.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценка динамики показателей электроэнцефалограммы. Показатели абсолютной мощности ритмов ЭЭГ (мкВ²) достоверно (*p* < 0.05) изменялись после 2-часового воздействия белого шума интенсивностью 85 дБА (табл. 2).

Установлено, что после 2-часовой экспозиции белого шума интенсивностью 85 дБ, отмечается достоверное (*p* < 0.05) увеличение мощности “быстрых” ритмов ЭЭГ и снижение мощности “медленных” ритмов ЭЭГ.

Результаты проведенного исследования свидетельствуют о достоверном влиянии 2-часовой

экспозиции белого шума интенсивностью 85 дБ на состояние биоэлектрической активности головного мозга, что проявляется в усилении биоэлектрической активности коры больших полушарий и снижении тормозного влияния на нее со стороны структур ствола головного мозга (рис. 1).

Оценка динамики временных характеристик АКВП. Средние значения показателей латентности пика Р3 и длительности комплекса N2–Р3 когнитивных вызванных потенциалов у 10 добровольцев до и после воздействия шума представлены в табл. 3.

При анализе динамики параметров АКВП у 10 добровольцев после экспозиции шума было выявлено достоверное (*p* < 0.05) увеличение латентности пика Р3 и латентного периода межпикового интервала N2–Р3 (рис. 2, 3).

Полученные результаты свидетельствуют о достоверном (*p* < 0.05) снижении скорости когнитивных процессов у добровольцев после 2-часового воздействия белого шума интенсивностью 85 дБ.

Оценка показателей теста А.Р. Лурия “10 слов”. После первого предъявления добровольцам наборо-

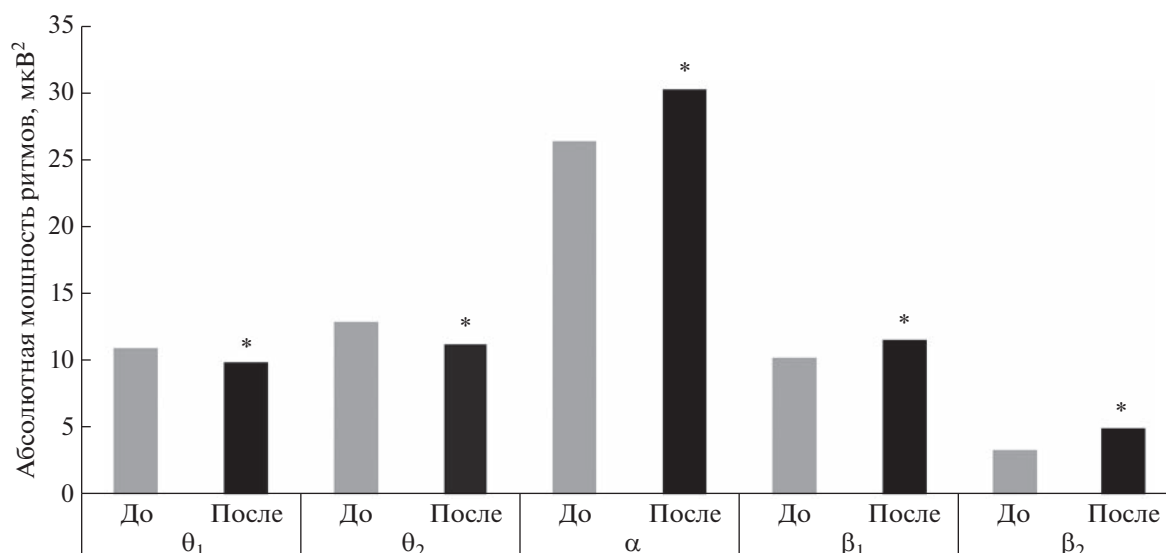


Рис. 1. Динамика показателей абсолютной мощности ритмов ЭЭГ, мкВ², * – *p* < 0.05.

Таблица 3. Показатели латентности пика P3 и межпикового интервала N2–P3, мс (*Me (IQR)*; $n = 10$; $df = 1$)

Показатели акустических когнитивных ВП	Серия “Фон”	Серия “Шум”	<i>p</i>	<i>Z</i>
Латентность межпикового интервала N2–P3	141.5 (128.3–161.4)	168.01 (161.4–175.9)	0.013	2.497
Латентность пика P3	342.04 (328.1–366.4)	369.2 (359.8–378.4)	0.017	2.395

Таблица 4. Количество правильно воспроизведенных слов в тесте А.Р. Лурия (*Me (IQR)*; $n = 10$; $df = 1$)

Порядковый номер предъявления слов	Серия “Фон”	Серия “Шум”	<i>p</i>	<i>Z</i>
1	5.5 (5–7)	6 (5–7)	0.554	0.592
2	7 (7)	6.5 (6–7)	0.008	2.652
3	8.5 (8–9)	7.5 (6–8)	0.001	2.803
4	9 (8–10)	7 (6–8)	0.002	2.797
5	10 (8–10)	8 ± 0.3	0.009	2.666

ра слов теста А.Р. Лурия в сериях “Фон” и “Шум” достоверных различий в количестве воспроизведенных не отмечалось ($p = 0.55$). Однако в серии “Шум” при последующих предъявлениях набора слов воспроизводилось достоверно меньшее количество слов (табл. 4).

Динамика параметров теста А.Р. Лурия (кривая запоминания слов после каждого предъявления) до и после шумового воздействия представлена на рис. 4.

Таким образом, в серии “Шум” у добровольцев наблюдалась достоверная отрицательная динамика запоминания слов в тесте А.Р. Лурия.

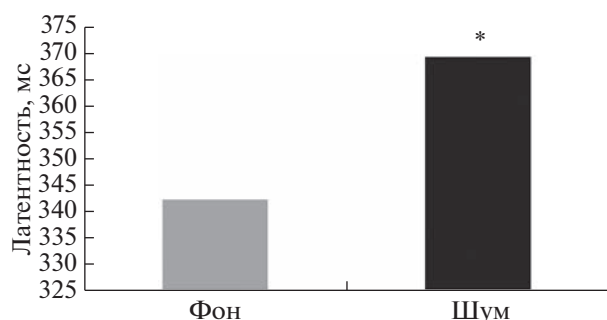
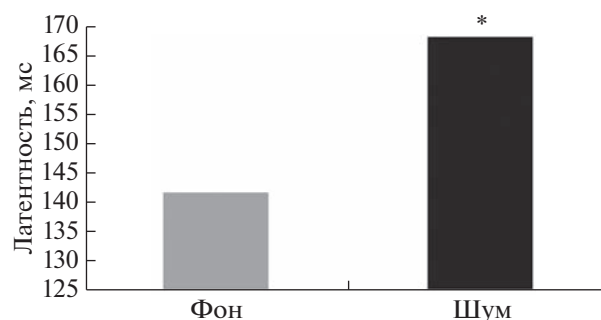
ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В ранее проведенных собственных экспериментальных исследованиях при 2-часовой экспозиции шума аналогичных параметров было показано достоверное развитие временных сдвигов порогов слуха [8, 13]. Эти данные подтверждают, что даже кратковременное воздействие шума может оказывать негативное влияние на состояние слуховой системы здоровых добровольцев.

В настоящем экспериментальном исследовании было достоверно установлено, что кратковременное воздействие шума у здоровых добровольцев сопровождается также развитием ряда “неслуховых” (экстраауральных) эффектов.

Анализ результатов ЭЭГ продемонстрировал, что после 2-часовой экспозиции белого шума интенсивностью 85 дБ, отмечается достоверное изменение спектральных характеристик ЭЭГ в виде увеличения мощности β - и α -ритмов и снижения мощности “медленного” θ -ритма ЭЭГ. Данные изменения могут быть обусловлены активацией биоэлектрических процессов в коре больших полушарий и снижением тормозного влияния на нее со стороны структур ствола головного мозга.

Согласно современным представлениям, существуют общие тенденции в динамике электрофизиологических параметров человека, связанные с воздействием различных раздражителей и утомлением [14]. В исследовании *I. Low et al.*, посвященном изучению динамики показателей ЭЭГ в ответ на утомление, вызываемое монотонной когнитивной нагрузкой и широкополосным шумом в течение 90 мин, было обнаружено до-

**Рис. 2.** Динамика показателя латентности пика P3 когнитивных вызванных потенциалов, мс, * – $p < 0.05$.**Рис. 3.** Динамика показателя латентности межпикового интервала N2–P3 когнитивных вызванных потенциалов, мс, * – $p < 0.05$.

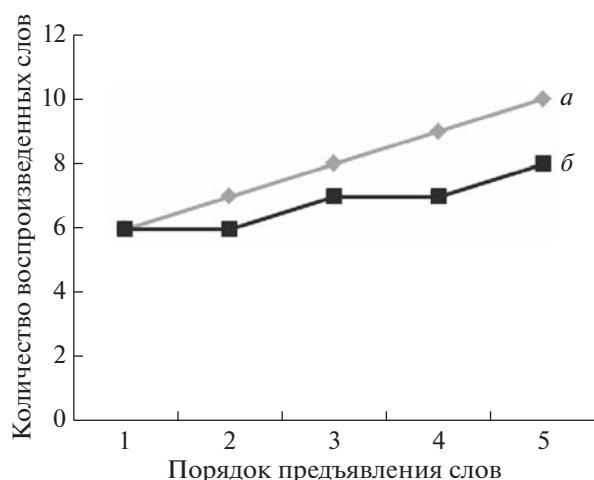


Рис. 4. Динамика параметров теста А.Р. Лурия (кривая запоминания слов после каждого предъявления). *а* — до воздействия, *б* — после воздействия.

статистически достоверное повышение мощности α -ритма [15]. В другом исследовании регистрация ЭЭГ проводилась при прослушивании чистого синусоидального звука [16]. При оценке показателей ЭЭГ отмечалось увеличение относительной мощности поддиапазона β -ритма. Авторами был сделан вывод о значимом влиянии раздражающих звуков на функциональное состояние ЦНС человека.

Таким образом, двухчасовая экспозиция белого шума в настоящем экспериментальном исследовании вызвала изменения функционального состояния ЦНС добровольцев, что нашло свое отражение в данных регистрации ЭЭГ. Увеличение спектральной мощности β - и α -ритмов связано с воздействием шума, предположительно вызывающим утомление ЦНС добровольцев.

В целях объективной оценки когнитивной активности у добровольцев в условиях воздействия шума в настоящем исследовании была проведена регистрация АКВП с оценкой латентных периодов пика Р3 и межпикового интервала комплекса N2–Р3 в условиях воздействия шума указанных характеристик. С 1993 г. метод АКВП рекомендован к применению в клинической практике Международной и Американской ассоциациями клинических нейрофизиологов [17]. По данным литературных источников, АКВП отражают биоэлектрическую активность коры, таламических и гиппокамповых структур головного мозга при анализе предъявляемой акустической стимуляции [18]. На сегодняшний день большинство авторов сходятся во мнении, что возникновение пиков комплекса N2/Р3 связано с такими эндогенными процессами в головном мозге, как первичное распознавание и дифференциация информации (пик N2), ее запоминание, сравнение с внутренними “эталоном”, хранящимися в памя-

ти, и последующее принятие решения (пик Р3) [17, 19]. Показатели латентности (мс) пиков комплекса N2/Р3 отражают скорость когнитивных процессов, связанных с механизмами восприятия и обработки информации [19]. Утомление и связанные с ним снижение концентрации внимания, объема и эффективности использования рабочей памяти приводят к удлинению латентных периодов компонентов АКВП [20]. В условиях настоящего исследования, среднее значение латентности пика Р3 в фоновой серии составило 342.04 ± 7.49 мс, что согласуется со статистическими данными для возрастной группы добровольцев [21, 22]. Латентный период межпикового интервала N2–Р3 составил 141.5 ± 8.99 мс. После экспозиции белого шума было выявлено достоверное ($p < 0.05$) увеличение латентных периодов межпикового интервала N2–Р3 и пика Р3, которые составили 168.01 ± 2.94 и 369.2 ± 3.26 мс соответственно и находились за пределами возрастных нормативных показателей [22]. Удлинение латентных периодов межпикового интервала N2–Р3 и пика Р3 свидетельствует о необходимости больших временных затрат на решение идентичных когнитивных задач после воздействия широкополосного шума — фактора, вызывающего утомление ЦНС добровольцев [15]. Таким образом, полученные результаты позволяют сделать вывод о негативном влиянии шума указанных характеристик на скорость процессов распознавания и анализа входящей информации.

Для объективной оценки состояния рабочей памяти — когнитивной системы, играющей центральную роль в обеспечении процессов переработки информации, а также утомляемости и активности направленного внимания добровольцев в настоящем исследовании была использована методика запоминания “10 слов”, предложенная А.Р. Лурия, унифицированная в соответствии с условиями настоящего экспериментального исследования [23]. На основании полученных результатов был выстроен график — кривая запоминания, форма которой позволяет делать выводы о состоянии изучаемых умственных процессов [23]. Статистическая обработка результатов выявила достоверное снижение количества правильно воспроизведенных слов в серии “Шум”, что свидетельствует об ухудшении процессов запоминания и сохранения информации. Форма кривой запоминания слов после воздействия шума указывает на ослабление активного внимания и развитие утомления ЦНС добровольцев [23]. Результаты оценки рабочей памяти и направленного внимания, полученные в настоящем исследовании, соответствуют данным, представленным другими авторскими коллективами [24, 25].

Полученные данные позволяют утверждать, что неблагоприятная акустическая обстановка на борту МКС может негативно влиять не только не-

посредственно на слуховую систему космонавтов, но и на функциональное состояние ЦНС космонавта в целом, что может способствовать снижению качества операторской деятельности. Таким образом, результаты настоящего исследования подтверждают необходимость разработки средств профилактики и защиты от шума, а также мер по улучшению акустической обстановки на борту МКС.

ВЫВОДЫ

1. Воздействие широкополосного белого шума интенсивностью 85 дБ и продолжительностью 2 ч по данным ЭЭГ приводит к достоверному увеличению мощности α - и β -ритмов и снижению мощности θ -ритмов ЭЭГ, что отражает активацию биоэлектрических процессов в коре больших полушарий и снижение тормозного влияния со стороны структур ствола головного мозга.

2. Двухчасовая экспозиция шума указанных характеристик оказывает негативное действие на когнитивную деятельность добровольцев, при этом достоверно увеличивается время, затрачиваемое на распознавание и анализ информации (увеличение латентных периодов пика P3 и межпикового интервала N2–P3 АКВП).

3. Анализ динамики показателей теста А.Р. Лурия “10 слов” продемонстрировал ослабление активного внимания, снижение объема рабочей памяти и эффективности ее использования вследствие воздействия шума интенсивностью 85 дБ, продолжительностью 2 ч.

4. Требуется продолжение работ, направленных на разработку средств противозвуковой защиты, а также улучшение акустической обстановки на МКС.

Этические нормы. Все исследования проведены в соответствии с принципами биомедицинской этики, сформулированными в Хельсинкской декларации 1964 г. и ее последующих обновлениях, и одобрены комиссией по биомедицинской этике при Институте медико-биологических проблем РАН (Москва) от 16.06.2020 г. в соответствии с требованиями Российского Национального Комитета по биоэтике.

Информированное согласие. Каждый участник исследования представил добровольное письменное информированное согласие, подписанное им после разъяснения ему потенциальных рисков и преимуществ, а также характера предстоящего исследования.

Финансирование работы. Исследование выполнено при финансовой поддержке базовых тематик РАН № 64.1, 65.1 на 2020–2022 гг.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией данной статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богатова Р.И., Богомолов В.В., Кутина И.В. Динамика акустической обстановки на Международной космической станции в экспедициях МКС 1–15 // *Авиакосм. и экол. мед.* 2009. Т. 43. № 4. С. 26.
2. Кутина И.В., Бычков В.Б., Дешева Е.А., Шубрало Е.В. О снижении уровня шума в российском сегменте международной космической станции // *Авиакосм. и экол. мед.* 2017. Т. 51. № 2. С. 5.
3. Богатова Р.И., Кутина И.В., Спиридонов С.В., Шабельников В.Г. Гигиеническая оценка акустической обстановки в жилых отсеках российского сегмента Международной космической станции в период работы первой основной экспедиции // *Авиакосм. и экол. мед.* 2004. Т. 38. № 5. С. 24.
4. Nakashima A., Limardo J., Boone A., Danielson R.W. Influence of impulse noise on noise dosimetry measurements on the International Space Station // *Int. J. Audiol.* 2020. V. 59. № 1. P. 40.
5. Chen K.H., Su S.B., Chen K.T. An overview of occupational noise-induced hearing loss among workers: epidemiology, pathogenesis, and preventive measures // *Environ. Health Prev. Med.* 2020. V. 25. № 1. P. 65.
6. Trung N., Louise L., Straatman V. Current insights in noise-induced hearing loss: a literature review of the underlying mechanism, pathophysiology, asymmetry, and management options // *J. Otolaryngol. Head Neck Surg.* 2017. V. 46. № 1. P. 41.
7. Воронков Ю.И., Кузьмин М.П., Мацнев Э.И. и др. Результаты длительного клинического наблюдения за состоянием здоровья космонавтов // *Авиакосм. и экол. мед.* 2002. Т. 36. № 1. С. 41.
8. Мацнев Э.И., Сигалева Е.Э. Перспективная стратегия отопротекции у космонавтов с послеполетным повышением порогов слуха / Идеи К.Э. Циолковского в контексте современного развития науки и техники. Материалы 53-х Научных чтений памяти К.Э. Циолковского. Калуга: Издательство “Эйдос”, 2018. С. 168.
9. Basner M., Babisch W., Davis A. et al. Auditory and non-auditory effects of noise on health // *Lancet.* 2014. V. 383. № 9925. P. 1325.
10. Golmohammadi R., Darvishi E. The combined effects of occupational exposure to noise and other risk factors – a systematic review // *Noise Health.* 2019. V. 21. № 101. P. 125.
11. Благинин А.А., Синельников С.Н., Черевкова Т.Н., Сиверцева А.И. Личностные детерминанты успешности деятельности операторов в условиях шума // *Вестник Ленинградского государственного университета им. А.С. Пушкина.* 2014. Т. 5. № 2. С. 5.
12. Woodman G.F. A Brief Introduction to the Use of Event-Related Potentials (ERPs) in Studies of Perception and Attention // *Atten. Percept. Psychophys.* 2010. V. 72. № 8. P. 2031.
13. Сигалева Е.Э., Марченко Л.Ю., Пасекова О.Б., Мацнев Э.И. Исследование отопротективного эффекта дыхания кислородно-аргоновой газовой смесью и приема бетагистина дигидрохлорида применительно к условиям пилотируемого космического полета / К.Э. Циолковский и прогресс науки и техники в XXI веке. Материалы 56-х научных чтений,

- посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Калуга: Издательство “Эйдос”, 2021. С. 294.
14. Cheng S.Y., Hsu H.T. Mental Fatigue Measurement Using EEG / Risk Management Trends. Croatia. InTech, 2011. 266 p.
 15. Low I., Molesworth B.R.C., Burgess M. The fatiguing effect of broadband noise: An EEG-based study // *Accid. Anal. Prev.* 2021. V. 151. P. 105901.
 16. Stansfeld S.A., Matheson M.P. Noise pollution: non-auditory effects on health // *Br. Med. Bull.* 2003. V. 68. P. 243.
 17. Джос Ю.С., Калинина Л.П. Когнитивные вызванные потенциалы в нейрофизиологических исследованиях (обзор) // *Журн. мед.-биол. исследований.* 2018. Т. 6. № 3. С. 223.
 18. Oliveira M.F., Menezes P.L., Carnaúba A.T.L. et al. Cognitive performance and long-latency auditory evoked potentials: a study on aging // *Clinics (Sao Paulo)*. 2021. V. 76. P. e1567.
 19. Gommeren H., Bosmans J., Cardon E. et al. Cortical Auditory Evoked Potentials in Cognitive Impairment and Their Relevance to Hearing Loss: A Systematic Review Highlighting the Evidence // *Front. Neurosci.* 2021. V. 15. P. 781322.
 20. Van Dinteren R., Arns M., Jongsma M.L.A., Kessels R.P.C. P300 Development across the Lifespan: A Systematic Review and Meta-Analysis // *PLoS One*. 2014. V. 9. № 2. P. 1.
 21. Oppitz S.J., Didoné D.D., da Silva D.D. et al. Long-latency auditory evoked potentials with verbal and non-verbal stimuli // *Braz. J. Otorhinolaryngol.* 2015. V. 81. № 6. P. 647.
 22. Didoné D.D., Garcia M.V., Oppitz S.J. et al. Auditory evoked potential P300 in adults: reference values // *Einstein*. 2016. V. 14. № 2. P. 208.
 23. Лурия А.Р. Высшие корковые функции человека и их нарушения при локальных повреждениях мозга. М.: Изд-во МГУ, 1962. С. 375.
 24. Wright B.A., Peters E.R., Ettinger U. et al. Moderators of noise-induced cognitive change in healthy adults // *Noise Health*. 2016. V. 18. № 82. P. 117.
 25. Jafari M.J., Khosrowabadi R., Khodakarim S., Mohammadian F. The Effect of Noise Exposure on Cognitive Performance and Brain Activity Patterns // *Open Access Maced. J. Med. Sci.* 2019. V. 7. № 17. P. 2924.

Broadband Noise Exposure Psychoacoustic Effects Evaluation in Healthy Volunteers

E. E. Sigaleva^a, O. B. Pasekova^a, N. V. Degterenkova^a, L. Yu. Marchenko^a, *, E. I. Matsnev^a

^a*Institute of Biomedical Problems of the RAS, Moscow, Russia*

*E-mail: Golubajavoda@mail.ru

The noise generated by life support systems is one of the factors that continuously affects the astronauts during their stay on the International Space Station. Long-term monitoring of the astronauts auditory system state demonstrates the possibility of developing both temporary and permanent (irreversible) shifts in hearing thresholds. In addition, it has been shown that prolonged noise exposure can adversely affect the quality of the operator's activity and efficient performance. However, to date, the topic of psychoacoustic effects caused by noise exposure has not been studied enough. An experimental evaluation of the “non-auditory” effects of “white” noise exposure with an 85 dB intensity and 2 hours duration in healthy volunteers with normal hearing was carried out. The results indicate the negative noise impact on concentration, the amount of RAM and its use efficiency, the cognitive processes associated with the recognition and incoming information analysis speed. In addition, a significant change in the parameters of the volunteers bioelectrical brain activity was noted: an increase in the power of α - and β -rhythms and a decrease in the power of θ - EEG rhythms under the noise influence. Taking these data into account, the authors suggest a decrease in the operator's activity quality of the volunteers in noise exposure conditions.

Keywords: industrial noise, operator's activity, “non-auditory” noise effects, nervous system functional state.