

МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДЫ ПСИХОЛОГИИ / METHODOLOGY AND RESEARCH METHODS IN PSYCHOLOGY

Научная статья / Research Article
<https://doi.org/10.11621/npj.2024.0111>
УДК/UDC 159.9.07, 159.96

Изменение эмоционального состояния испытуемых по лицевым экспрессиям в условиях 7-суточной сухой иммерсии

А.Н. Гусев^{1✉}, М.С. Баев², С.А. Лебедева³, А.О. Савинкина³

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Российская Федерация

² Учет-Н, Санкт-Петербург, Российская Федерация

³ Институт Медико-биологических проблем РАН, Москва, Российская Федерация

✉ angusev@mail.ru

Резюме

Актуальность. Проблема высокоточной и надежной оценки изменения эмоционального состояния человека в особых условиях до сих пор остается нерешенной, а поэтому актуальной. Это особенно важно для предсказания изменений эффективности его профессиональной деятельности, поскольку текущее эмоциональное состояние в значительной степени влияет на точность и скорость выполнения профессиональных задач.

Цель. В исследовании проводится эмпирическая апробация новой методологии и технологии оценивания изменения лицевых экспрессий на видеозаписи, отражающих изменение эмоционального состояния испытуемых в условиях 7-суточного эксперимента.

Выборка. В исследовании приняли участие 10 мужчин-добровольцев в возрасте от 25 до 35 лет, с высшим образованием, отобранных ИМБП РАН для участия в исследовании.

Методы. Ежедневно утром и вечером с участниками исследования проводилось ДРС видеointервью. Видеозаписи лицевых экспрессий обрабатывались с помощью программного обеспечения ЭмоРадар. Выделялись двигательные единицы (AUs) FACS, в ходе их анализа обнаруживались семь базовых эмоций и другие паттерны мимической активности.

Результаты. В ходе анализа данных на примере двух участников исследования даны подробные описания изменений лицевых экспрессий в ходе эксперимента, отражающие закономерные изменения их эмоционального состояния и сопоставляемые с характерными для условий эксперимента переживаниями участников исследования. Показана необходимость дифференцированного оценивания позитивной эмоции радости ввиду того, что ее оценки могут включать не только эту базовую эмоцию, но похожие на нее два выражения улыбки. Наглядно показана эффективность используемого программного обеспечения и авторского подхода к компьютерному анализу мимической активности.

Выводы. Делается вывод, что с помощью разработанной технологии, основанной на имплементации комплексного подхода (comprehensive approach) к измерению и интерпретации лицевых экспрессий, возможно дать объективную и независимую от самооценок респондентов или опыта эксперта информацию о характерных изменениях мимики как надежных поведенческих индикаторов эмоционального состояния человека. Это открывает новые методические возможности для космической психологии при решении задачи автоматического мониторинга эмоционального состояния операторов, работающих в особых условиях профессиональной деятельности.

Ключевые слова: космическая психология, гипогравитация, «сухая» иммерсия, эмоциональные состояния, лицевые экспрессии, двигательные единицы FACS, базовые эмоции

Финансирование. Эксперимент проводился при поддержке Минобрнауки России в рамках соглашения № 075-15-2022-298 от 18.04.2022 на осуществление государственной поддержки создания и развития научного центра мирового уровня «Павловский центр «Интегративная физиология — медицине, высокотехнологичному здравоохранению и технологиям стрессоустойчивости»».

Благодарности. Авторы выражают признательность студентам-магистрантам факультета психологии МГУ имени М.В. Ломоносова Ю.С. Кузнецовой и Е.В. Устюжаниной за помощь в проведении исследования.

Для цитирования: Гусев, А.Н., Баев М.С., Лебедева, С.А., Савинкина, А.О. (2024). Изменение эмоционального состояния испытуемых по лицевым экспрессиям в условиях 7-суточной сухой иммерсии. *Национальный психологический журнал*, 19(1), 158–174. <https://doi.org/10.11621/npj.2024.0111>

Change in Subjects' Emotional States as Observed through Facial Expressions during a Seven-Day Dry Immersion Experiment

Alexey N. Gusev¹✉, Mikhail S. Baev², Svetlana A. Lebedeva³, Alexandra O. Savinkina³

¹ Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

² LLC Uchet-N, St. Petersburg, Russian Federation

³ Institute for Biomedical Problems of the Russian Academy of Sciences (IBMP RAS), Moscow Russian Federation

✉ angusev@mail.ru

Abstract

Background. The problem of precise and reliable evaluation of the emotional state of operators in spaceflight conditions still remains unresolved, and therefore relevant. This evaluation is especially important for predicting operators' professional activity effectiveness considering the current emotional state which significantly determines the accuracy and rapidity of professional tasks performance.

Objectives. Our study is carried out to empirically test the new method and technology for evaluating changes in the emotional state of the 7-day experiment participants measuring facial expression changes in their DPC-video interview recordings.

Study Participants. The study involved 10 men aged 25 to 35 years. Volunteers were selected by the Institute of Biomedical Problems of the Russian Academy of Sciences as participants in the research.

Methods. DPC video interviews were conducted daily in the morning and in the evening. Facial expression changes evaluation was conducted with the EmoRadar software which detects FACS action units (AUs), seven basic emotions and other patterns of facial activity.

Results. The description of facial expression changes in the experiment are given based on the data from two participants. These changes were compared with the emotional experience of the participants and experimental conditions. The necessity of differentiated evaluation of the positive emotion of happiness is shown since its assessments may include not only happiness as a basic emotion, but also two expressions of smiles (social smile or coy smile) similar to it. The effectiveness of the software used and the author's approach to computer analysis of facial activity is clearly shown.

Conclusions. With the help of the developed technology based on the implementation of a comprehensive approach to measurement and interpretation of facial expressions, it is possible to provide objective information about characteristic changes in facial expressions as reliable behavioral indicators of a person's emotional state. The data are independent of respondents' self-assessments or expert's experience. This opens up new methodological possibilities for aerospace psychology to solve the problem of automatic monitoring of the emotional state of operators.

Keywords: aerospace psychology, hypogravity, "dry" immersion, emotional states, facial expressions, FACS action units, basic emotions

Funding. The experiment was carried out with the support of the Ministry of Education and Science of Russia within the framework of agreement No. 075-15-2022-298 dated April 18, 2022 for state support for the creation and development of a world-class scientific center "Center Pavlov" Integrative physiology for medicine, high-tech healthcare, and stress resistance technologies.

Acknowledgments. The authors express their gratitude to the master's students of the Faculty of Psychology of Lomonosov Moscow State University, Yu.S. Kuznetsova and E.V. Ustyuzhanina for assistance in conducting the study.

For citation: Gusev, A.N., Baev, M.S., Lebedeva, S.A., Savinkina, A.O. (2024). Change in subjects' emotional states as observed through facial expressions during a seven-day dry immersion experiment. *National Psychological Journal*, 19(1), 158–174. <https://doi.org/10.11621/npj.2024.0111>

Введение

Влияние неблагоприятных факторов космического полета на когнитивные функции и эмоциональное состояние человека изучаются не только в условиях реального космического полета, сколько в наземных

экспериментах, моделирующих эти условия. Одним из исследовательских подходов является моделирование состояния невесомости с помощью создания гипогравитации. «Сухая» иммерсия — один из способов, позволяющих моделировать состояние относительной невесомости человека с помощью его по-

гружения в воду без прямого контакта с жидкостью (Tomilovskaya et al., 2019). В ряде исследований убедительно показана высокая эффективность использования условий «сухой» иммерсии для моделирования изменений физиологических процессов и психических функций человека, возникающих в условиях длительной микрогравитации, действующей на человека в комическом полете (Lebedeva et al., 2022).

Изучение изменения эмоционального состояния человека-оператора в условиях, приближенных к условиям космического полета, является весьма традиционным в авиакосмической психологии и медицине (Oluwafemi et al., 2021; Logan, 2022; Юсупова и др., 2011; Гушин и др., 2018; Supolkina et al., 2021). Это обусловлено очевидной и закономерной связью изменения эффективности выполнения профессиональной деятельности человека и его функциональным состоянием. Фактически хорошо доказано, что неблагоприятные функциональные состояния вызывают снижение работоспособности оператора в целом и его готовности быстро и адекватно реагировать на изменение условий профессиональной деятельности (Леонова, 1984; Леонова, Кузнецова, 2007; Cohen et al., 2016). Поэтому внимание исследователей всегда было связано с возможностью надежно оценивать и предсказывать появление неблагоприятных состояний, обозначаемых как психическая или эмоциональная напряженность, стресс (Смирнов, Долгополова, 2007; Леонова, Кузнецова, 2007; Koglbauer et al., 2021).

Одним из традиционных способов оценивания изменений эмоционального состояния человека является использование опросников как инструментов для получения самооценок (Осин, 2012; Lebedeva, Shved, Savinkina, 2022). Однако хорошо известно, что опросники могут давать смещенные оценки вследствие влияния фактора социальной желательности на ответы респондента, особенно в условиях его повышенной заинтересованности в положительных результатах тестирования и/или нежелании объективно сообщать о своих негативных эмоциональных переживаниях, связанных со стрессом, фрустрацией, усталостью. Кроме того, использование опросников для непрерывного мониторинга эмоционального состояния человека весьма ограничено.

Регистрацию физиологических показателей активности центральной или периферической нервной системы также часто используют для контроля изменения функционального состояния операторов (Леонова, 1984; Kanas, 2023; Koglbauer et al., 2021). Однако их использование имеет ряд методологических ограничений, поскольку как неспецифические показатели они не обладают необходимой конструктивной и операциональной валидностью для оценки эмоционального состояния человека.

Традиционным для авиакосмической психологии является анализ речи и голоса человека как показателей его эмоционального состояния (Никонов, 1985; Banse, Scherer, 1996; Лебедева, Швед, Гушин, 2020; Baykaner et al., 2015; Slavich et al., 2019). Изменения

амплитудных и частотных характеристик речи могут давать надежные оценки изменения эмоционального состояния человека (Banse, Scherer, 1996; Slavich et al., 2019). К сожалению, использование инструментария для акустического анализа голоса имеет техническое ограничение, связанное с зашумленностью рабочего пространства оператора.

Таким образом, мы приходим к выводу о необходимости использования самых разных инструментов для диагностики текущего эмоционального состояния человека, работающего в особых условиях выполнения профессиональной деятельности и/или в условиях моделирования неблагоприятных условий космического полета.

В этом контексте использование методов автоматической оценки лицевых экспрессий может стать вполне легитимным и полезным инструментом в комплексной оценке поведения человека и его эмоциональных переживаний. Укажем на несомненные преимущества этой группы методов: неинвазивность, отсутствие необходимости отвлечения оператора от выполнения профессиональной задачи, минимизация эффекта социальной желательности, возможность автоматической обработки большого массива данных.

Какие инструменты для оценки лицевых экспрессий по видеозаписи доступны исследователям в настоящее время? В первую очередь отметим компьютерную систему Face Reader голландской компании Noldus Information Technology, занимающую большую часть рынка доступного исследователям программного обеспечения (ПО). Хорошо известны разработки американской компании Affectiva, в настоящее время входящие в состав ПО iMotions Lab компании iMotions. Тем не менее, работа указанного выше ПО основана на принципах нейросетевой классификации, которые имеют ряд принципиальных ограничений в точности и селективности оценки базовых эмоций и других лицевых экспрессий (Гусев, Баев, Кремлев, 2021; Baev, Gusev, Kremlev, 2023).

Цель настоящего исследования — показать возможности разработанной технологии автоматического оценивания лицевых экспрессий по видеозаписи для анализа динамики эмоционального состояния участников эксперимента «сухая иммерсия» на материале ежедневных видеоинтервью.

Выборка

Участниками исследования были 10 добровольцев: мужчины в возрасте от 25 до 35 лет, с высшим образованием, здоровые. Отбор участников исследования проводился ИМБП РАН на конкурсной основе. Все участники подписали информированное согласие на участие в исследовании. Программа эксперимента была одобрена на секции физиологии Комитета по биомедицинской этике ИМБП РАН (протокол № 594

от 06.09.2021). Исследование выполнено в соответствии с принципами Хельсинкской декларации (1964 г.) и ее последующих обновлений.

Методы исследования

Процедура

Исследование проходило в рамках эксперимента «сухая» иммерсия на базе ИМБП РАН в период с 29 сентября по 11 ноября 2021 г.

Одновременно в исследовании участвовало по два человека, которые в течение 7 суток лежали в иммерсионной ванне (210×90×110 см), наполненной водой и покрытой неэластичной водонепроницаемой тканью. Утром восьмого дня происходила «выемка» испытуемых из ванны. В воде поддерживалась комфортная температура $32,5 \pm 2$ °С, при температуре окружающей среды 24–26 °С. Раз в день на 15 минут обследуемые покидали иммерсионные ванны для осуществления гигиенических процедур (в основном, в положении лежа на специальной кушетке) и смены белья.

Днем в помещении поддерживалось дневное освещение, в вечерние часы стенд освещали LED-панели на потолке.

Каждый испытуемый в течение дня выполнял различные задания в соответствии с циклограммой исследования, включая медицинское и психологическое обследование. Кратко опишем основные тестовые задания, входившие в блок психологических методик:

Первый день: погружение в ванну, видео- и аудиоотчет в форме интервью DPC (см. ниже) утром и вечером, выполнение теста тревожности Спилбергера и когнитивных тестов дважды в день.

Второй день: видеointервью DPC утром и вечером, выполнение теста тревожности Спилбергера и когнитивных тестов, выполнение методики психологической поддержки в среде виртуальной реальности, видеоотчет до и после выполнения этой методики.

Третий день: видеointервью DPC утром и вечером, выполнение теста тревожности Спилбергера и когнитивных тестов.

Четвертый день: видеointервью DPC утром и вечером.

Пятый день: видеointервью DPC утром и вечером, выполнение теста тревожности Спилбергера и когнитивных тестов.

Шестой день: видеointервью DPC утром и вечером.

Седьмой день: видеointервью DPC утром и вечером, выполнение теста тревожности Спилбергера и когнитивных тестов.

8 день (утро): видеointервью DPC.

Кроме того, испытуемые проходили три раза в день медицинские обследования. Особо отметим, что во вторые и пятые сутки были объемные заборы крови и в седьмые сутки — болезненная процедура — взятие биопсии мышцы.

Видеointервью (DPC — daily planning conference) проводилось следующим образом. Участникам исследования приносили видеокамеру GoPro 9 (подвешена на специальной раме над головой) и диктофон Zoom H1 (держали в руке) и просили рассказать о самочувствии, описать свое психологическое состояние, поделиться переживаниями и ожиданиями. В инструкции испытуемым указывалось, что желательная длительность интервью не менее минуты. Начало и окончание видео- и аудиозаписей осуществлялось самими испытуемыми.

Результаты исследования

«Сырыми» данными по окончании видеointервью были файлы в формате mp4 с разрешением 1920×1080 px, которые сохранялись на карте памяти видеокамеры. Было собрано 104 видеозаписи средней длительностью 49,75 с (СКО = 33,12). Средний процент кадров видеозаписи, на которых автоматически было обнаружено качественное изображение лица — 97,12. Средняя высота лица в кадре 621,6 px (СКО = 117,4). Часть данных (46 файлов из 150) была отбракована, поскольку видеозаписи были сделаны с ошибками.

Все отобранные для анализа видеозаписи были просмотрены и отредактированы с помощью видеоредактора на предмет исключения из них тех участков, которые содержали информацию, не относящуюся к интервью¹.

Все 104 видеозаписи соответствовали критериям автоматической обработки: 1) длительность видеозаписи — не менее 30 с, 2) частота кадров — не менее 20 fps, 3) средняя высота лица по кадрам видеозаписи — не менее 500 px, 4) средний показатель резкости лица в кадре (sharpness) — 8,8 усл. ед. Индекс резкости изображения лица измерялся специальным алгоритмом, оценивающим среднюю размытость отдельных точек на поверхности лица по отдельным кадрам, пороговое значение — 3,0 усл. ед.

Обработка данных осуществлялась с помощью ПО ЭмоРадар WR (авторы: М.С. Баев, А.Н. Гусев, А.Е. Кремлев, см.: <http://emoradar.ru>) в автоматическом режиме. В дальнейшем визуальный и первичный статистический анализ данных также проводился с помощью ПО ЭмоРадар WR.

Показатели мимической активности

В ходе автоматического анализа мимической активности (МА) выделялись 22 базовых *двигательных единицы* на левой и правой половинах лица (action units или AUs, см. Таблицу 1) согласно международной системе FACS (Ekman, Friesen, Hager, 2002).

¹ Авторы выражают признательность нашим студентам-магистрантам Ю.С. Кузнецовой и Е.В. Устюжаниной за помощь в проведении этой работы.

Таблица 1

Двигательные единицы FACS, выделенные ПО ЭмоРадар при анализе МА

Двигательная единица	Движение поверхности лица	Двигательная единица	Движение поверхности лица
AU 1	Поднятие внутренней части брови	AU 12	Поднятие угла губы
AU 2	Поднятие внешней части брови	AU 14	Втягивание угла рта
AU 41	Опускание надпереносья	AU 15	Опускание угла губы
AU 44	Сведение бровей	AU 17	Подъем подбородка
AU 5	Поднятие верхнего века	AU 20	Растяжение губ
AU 7	Сокращение длины век	AU 24	Сжатие губ
AU 43	Закрытие глаз	AU 26/27	Челюсть опускается / Рот открывается
AU 45	Моргание	AU 70	Брови не видны
AU 6	Поднятие щеки	AU 71/72	Глаза не видны / Нижняя часть лица не видна
AU 9	Сморщивание носа	AU 73	Все лицо не видно
AU 10	Поднятие верхней губы	AU 74	Оценка мимики невозможна

Table 1

FACS action units identified by EmoRadar software during MA analysis

Motor unit	Movement of the facial surface	Motor unit	Face surface movement
AU 1	Inner Brow Raise	AU 12	Lip Corner Puller
AU 2	Outer Brow Raise	AU 14	Dimpler
AU 41	Glabella Lowerer	AU 15	Lip Corner Depressor
AU 44	Eyebrow Gatherer	AU 17	Chin Raiser
AU 5	Upper Lid Raise	AU 20	Lip Stretcher
AU 7	Lids Tight	AU 24	Lip Presser
AU 43	Eyes Closure	AU 26/27	Jaw Drop / Mouth Stretch
AU 45	Blink	AU 70	Brows Not Visible
AU 6	Cheek Raise	AU 71/72	Eyes Not Visible / Lower Face Not Visible
AU 9	Nose Wrinkle	AU 73	Entire face not visible
AU 10	Upper Lip Raiser	AU 74	Unscorable

В соответствии с принципами, описанными в FACS Investigator’s Guide (Ekman, Friesen and Hager, 2002) выделялись семь базовых эмоций: радость (Happiness), печаль (Sadness), страх (Fear), злость (Anger), презрение (Contempt), удивление (Surprise) и отвращение (Disgust).

Кроме эмоции радости в МА выделялись два внешне похожих на нее паттерна МА, которые, на наш взгляд, в полной мере не могут рассматриваться, как мимическое выражение базовой эмоции радость: «социальная улыбка» (Social Smile) и «игривая улыбка» (Coy Smile). Первый паттерн отражает мимические изменения, связанные с появлением эмблемы улыбки как позитивного знака социальной коммуникации. Он состоит из появления AUs 12 в сочетании с AU 14 с учетом асимметрии появления этих AUs. Второй паттерн отражает мимические изменения, связанные с появлением эмблемы улыбки как позитивного

знака, призывающего собеседника к коммуникации, своего рода средство привлечения его внимания к себе. Паттерн состоит из появления AUs 12 и/или 14 с обеих сторон лица в сочетании с появлением AU 9 и/или 10 также с обеих сторон лица. Мы так же нашли необходимым выделить мимическое выражение эмблемы базовой эмоции удивление (Surprise emblem), которое отличается от выражения истинной эмоции удивления длительностью характерных сочетаний во времени составляющих ее AUs 1, 2, 5, 26/27.

Все паттерны выделялись на основе анализа сочетаний отдельных AUs во времени.

Нами также был сконструирован паттерн Negative Attitude, характеризующий общую негативную позицию человека в ситуации общения и предназначенный для оценки внешнего выражения лица, соответствующего эмоциональному переживанию отрицательно-го характера. Этот паттерн выделен для обозначения

МА, включающей появления одной из четырех отрицательных эмоций: презрение, отвращение, печаль и страх и/или их сочетания выше определенного порога.

Еще один показатель негативного выражения лица — Паттерн страх/стресс (Pattern fear/stress). Он характеризует общее негативное переживание эмоции страха. Этот паттерн является еще одним вариантом ее оценки. Набор AUs, входящих в паттерн соответствует внешнему выражению эмоции страха, но отличается от него степенью вклада отдельных AUs и не строгим сочетанием их появления во времени в отличие от более строгих критериев определения базовых эмоций (Ekman, Friesen, Hager, 2002).

Для выделения состояния эмоционального напряжения был сконструирован паттерн Напряжение 2 (Tension 2). Этот паттерн соответствует двухстороннему появлению AU 14 выше определенного порога по длительности. Двухстороннее втягивание углов губ традиционно рассматривается как физиологическое проявление стресса (Ellgring, 2008).

Паттерн сужения глаз (Eyes narrowing) выделялся нами как признак повышенной концентрации внимания или отражения физиологической реакции

на высыхание склеры. Он проявляется как сужение глазных щелей и оценивается по появлению AU 43 средней интенсивности слева или справа.

Подчеркнем, что алгоритмы выделения AUs с помощью технологии, реализованной в ПО ЭмоРадар WR, основаны на прямой оценке движений лицевой поверхности. Ранее нами было показано, что использовании технологии нейросетевой классификации для обнаружения AUs имеют принципиальные недостатки для измерения и описания МА (Гусев, Баев, Кремлев, 2021).

Для количественной оценки МА мы использовали относительную плотность AUs, базовых эмоций и указанных выше паттернов МА, оцениваемую как соотношение их длительностей к общей длительности видеозаписи.

Дизайн исследования: повторные измерения МА, полученные при обработке видеointервью в ходе эксперимента, утром и вечером. Анализ содержания речевых высказываний в данном исследовании не выполнялся.

Обработка данных выполнялась в статистической системе IBM SPSS Statistics 25.

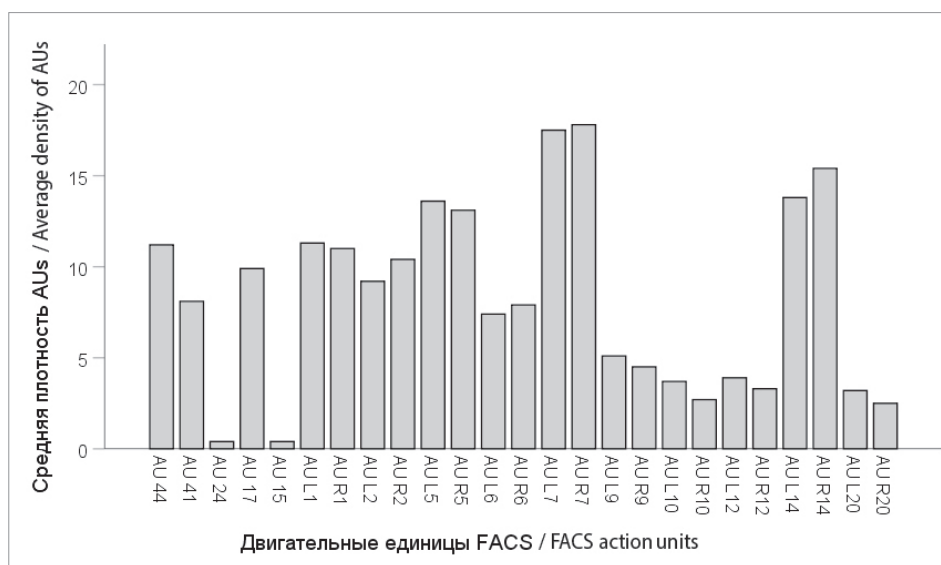


Рисунок 1

Распределение средней плотности разных двигательных единиц по группе испытуемых во время эксперимента

Figure 1

Distribution of the average density of different action units in the group of testers during the experiment

Обсуждение результатов

Как было отмечено выше, основой анализа МА является отдельная AU. Подчеркнем, что от точности и надежности обнаружения на видеозаписи моментов начала и окончания AUs зависит точность и надежность оценок разных мимических событий — про-

явлений базовых эмоций или указанных выше паттернов МА. На Рисунке 1 показано распределение средней плотности различных AUs по группе испытуемых во время 7-суточного эксперимента. Фактически мы видим количественное отражение различных видов движений поверхности лица. Например, видно, что в данном эксперименте явно преобладают две AUs — 7 (сокращение длины век) и 14 (втягивание

углов рта). Минимальная выраженность наблюдалась у AUs 15 (опускание угла губы) и 24 (сжатие губ). На наш взгляд, даже такое усредненное представление единиц МА отражает специфику эмоционального состояния испытуемых, дающих вербальный отчет: 1) AU 7 входит в состав внешнего выражения большинства негативных эмоций; 2) AU 14 является мимическим маркером переживаемого эмоционального напряжения; 3) AUs 15 и 24 являются теми движениями лица, которые тяжело выполняются произвольно в лежачем положении (особенно AU 15), появляются только при интенсивно переживаемых эмоциях, а также не входят в артикуляционные движения.

Вначале покажем, как может выполняться исследование визуальный анализ МА с помощью ПО ЭмоРадар WR. Мы полагаем, что это важно для того, чтобы читатели смогли более наглядно представить себе, как выделяются на видеозаписи отдельные мимические события в виде AUs, базовых эмоций и паттернов МА.

На Рисунке 2 показаны изменения МА у испытуемого 104 вечером в 7 день эксперимента. Во время 23-секундного интервала, выбранного нами для анализа, он сказал следующее: «А какое сегодня число-то? А, 14 октября, 2021 год. Осталось 10 часов до завершения моего участия в этой части эксперимента. Я завтра в 9 часов утра по идее должен подняться из этой ванны и не возвращаться в нее в ближайшее время точно.

И (глубокий вздох) вот ...». Рисунок представляет собой скриншот экрана ПО ЭмоРадар, на котором в ходе автоматического анализа на временной оси выделены разные мимические события. Мы хотим показать, что в рамках прямого подхода к анализу МА появляется возможность на основе сочетания во времени отдельных AUs (как базовых единиц анализа МА) конструировать более сложные события. Например, на Рисунке 2 курсором (фрейм 90) отмечен момент практически одновременного появления базовой эмоции презрения (Contempt) и социальной улыбки (Happiness, social smile). Подчеркнем, что их обнаружение обосновывается композицией симметричной AU 12 и асимметричной AU 9 (Ekman, Friesen, Hager, 2002). Очевидно, что выражение лица испытуемого в этот момент времени выражает именно это сочетание эмоций. Далее (фрейм 240): выделена эмоция печали (Sadness) как сочетание AUs 1 и 44 (там же).

На Рисунке 3 курсором (фрейм 520) показано более сложное сочетание во времени разных мимических событий: эмоция печали, негативных мимических паттернов Negative Attitude, Fear/Stress. Обращаем внимание на соответствующее этим паттернам появление AUs 1, 10, 14, 41, 44. Также укажем на появление на временной оси паттерна напряжения (Tension 2), определенного нами как сочетание AU 14L и AU 14R (Рисунок 2 или 3, фрейм 60).



Рисунок 2

Результаты анализа МА видеозаписи интервью испытуемого 104 вечером 7 дня эксперимента

Figure 2

Results of the facial activity analysis for the video recording of the interview with subject 104 in the evening of the 7th experimental day

Скриншот экрана ПО ЭмоРадар WR (кадр 90). Вверху фотография лица испытуемого в момент видеозаписи, соответствующей положению курсора (вертикальная линия). Внизу — графическое изо-

бражение моментов выделения различных мимических событий во времени. Нижняя линия — номера отдельных кадров видеозаписи при частоте кадров видеозаписи — 30 кадр/с.

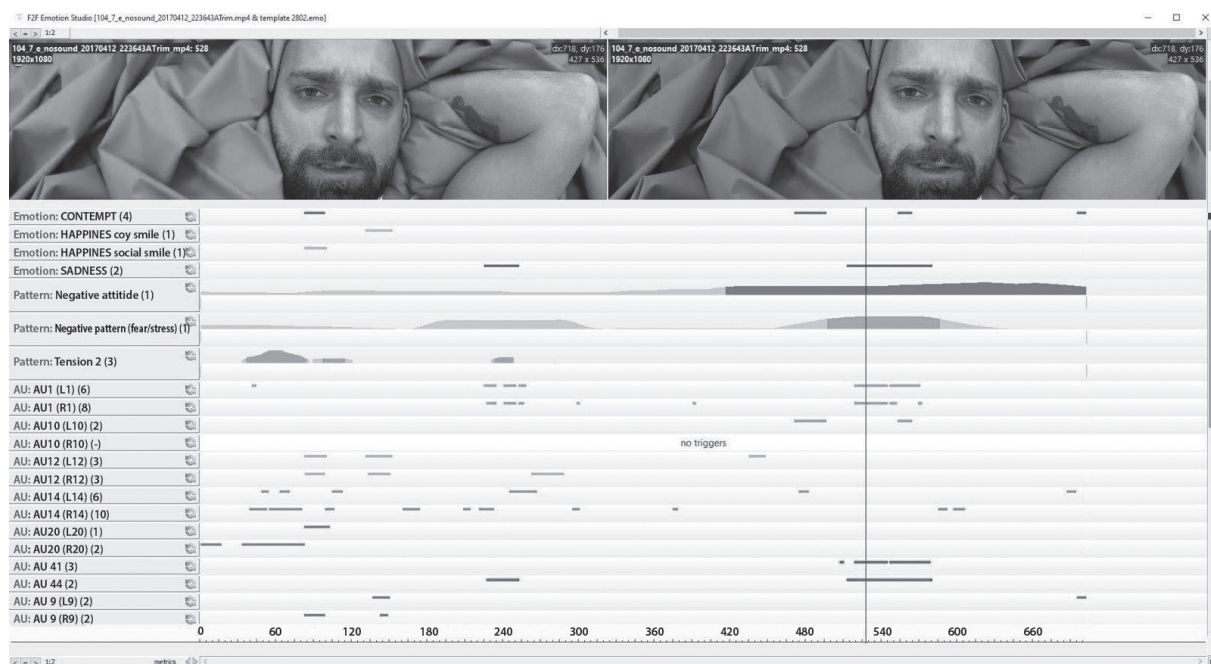


Рисунок 3

Результаты анализа МА видеозаписи интервью испытуемого 104 вечером 7-го дня эксперимента

Figure 3

Results of the facial activity analysis analysis for the video recording of the interview with subject 104 in the evening of the 7th experimental day

Скриншот экрана ПО ЭмоРадар WR, сделанный в другой момент времени (кадр 528). Обозначения те же, что и на Рисунке 2.

В связи с тем, что в нашем исследовании было всего 10 испытуемых, а также оказалось достаточно много потерянных данных (было получено лишь 104 видеозаписи из 150), мы не можем провести корректный статистический анализ данных. Поэтому ниже представим преимущественно результаты качественного описательного анализа изменения лицевых экспрессий, отражающего эмоциональное состояние участников исследования, на примере трех испытуемых: 102, 109 и 103.

У испытуемого 102 были проанализированы 15 видеозаписей: с 1 по 7 дни утром и вечером и утром восьмого дня. На Рисунках 4 и 5 показана динамика плотности различных эмоций, обнаруженных в ходе эксперимента, соответственно, утром и вечером. Максимальное значение плотности достигало вели-

чины 14,1 (Рисунок 5, вечер второго дня), минимальное — 0,3% (Рисунок 5, вечер седьмого дня). Отметим, что далее в наш анализ не включены данные о величинах плотности мимических событий ниже 5% ввиду незначительности их вклада в общую МА.

Как показано на Рисунке 4, в *утренние часы* в первые два дня преобладали мимические выражения негативных эмоций (далее — эмоции) презрения, отвращения и печали. В третий и четвертый дни наблюдалось общее снижение МА: в третий день фактически имела место лишь одна эмоция отвращения, в четвертый — презрения. В пятый и шестой дни наблюдались только два пика эмоций отвращения и презрения, соответственно. В седьмой день наблюдался существенный рост МА за счет появления эмоций презрения, печали, радости и выражения позитивных эмоций в виде социальной улыбки. Утро окончания исследования характеризуется выраженностью одной эмоции — презрения.

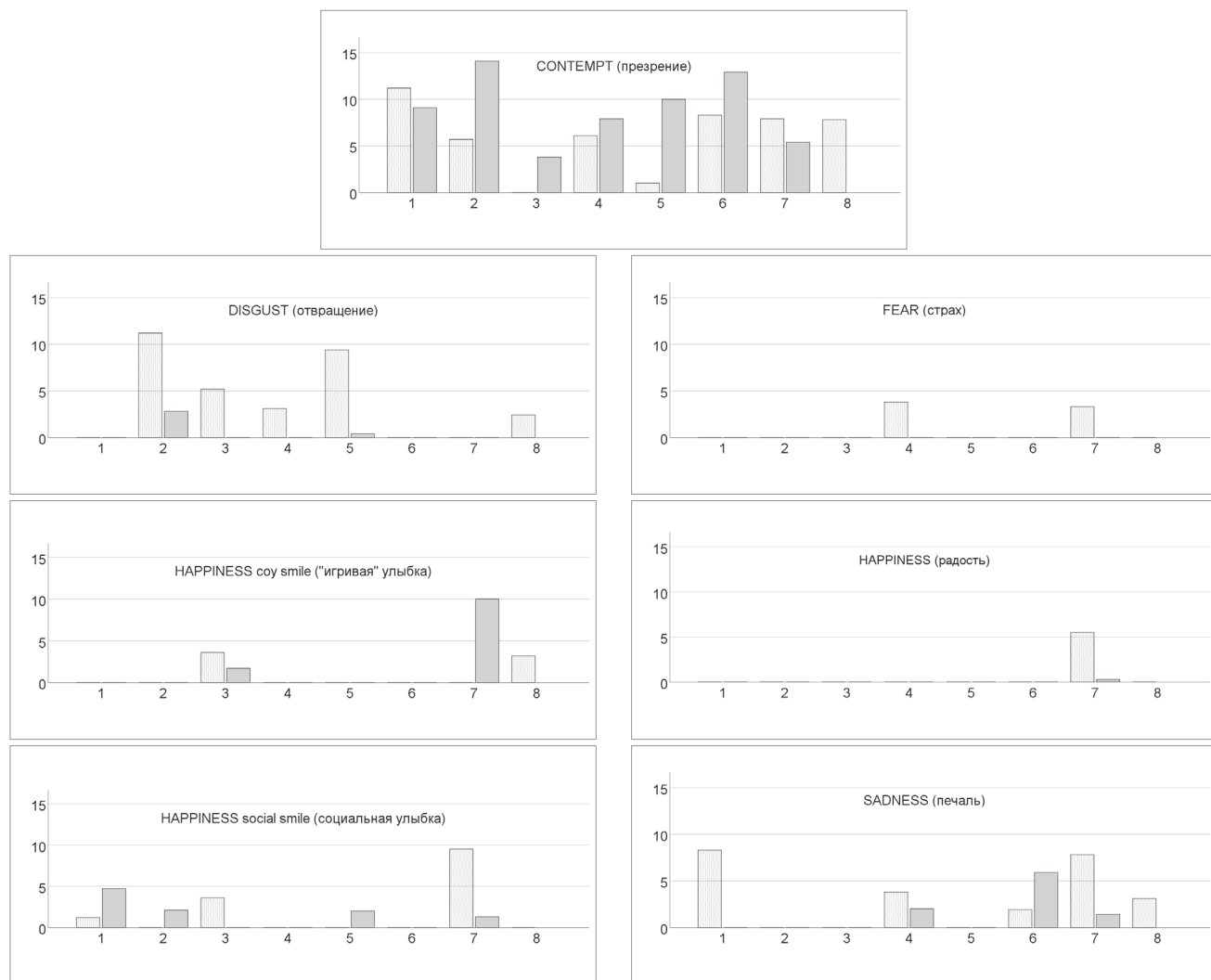


Рисунок 4
Изменение эмоциональных экспрессий в ходе эксперимента у испытуемого 102. По горизонтальной оси — день эксперимента, по вертикальной оси — относительная плотность эмоциональной экспрессии в %. Светлая заливка — утро, темная — вечер

Figure 4
Changes in emotional expressions during the experiment in subject 102. The horizontal axis shows the day of the experiment, the vertical axis reflects the relative density of emotional expression in %. Light fill is for morning, dark fill stands for evening

Появление указанных выше эмоциональных выражений лица мы интерпретируем в рамках дискретной теории эмоций (Дарвин, Экман, 2013; Изард, 2021; Ekman, 1989) следующим образом. По нашему мнению, выражение на лице эмоции презрения отражает работу компенсаторного механизма, помогающего справиться с эмоциональным напряжением, вызванным особыми условиями эксперимента. Презрение выполняет роль социальной эмоции, показывающей коммуниканту (исследователю), что его собеседник (участник исследования) хочет повысить свою зна-

чимость, свой социальный статус, отражает попытку ухода от неприятной ситуации, включение механизмов психологической защиты (Bell, 2013). Отвращение в контексте условий нашего исследования может означать придание своим высказываниям эмоциональной негативной модальности, трансляцию своего состояния и негативных переживаний во время интервью.

Важно отметить, что эмоция отвращения появляется утром вторых суток, когда испытуемый, скорее всего, проснулся после беспокойной ночи, поскольку

примерно к вечеру первых суток начинается то, что в гравитационной физиологии называется «острым периодом адаптации» (Rusanov et al., 2020; Robin et al., 2020; Lebedeva et al., 2022). При длительном нахождении человека в состоянии «безопорности» происходит перераспределение жидких сред организма в краниальном направлении, функционирование систем организма перестраивается, мышцы, ранее участвующие в позных реакциях, теперь оказываются без нагрузки. В совокупности это создает ощущение умеренной или интенсивной боли в поясничной области, спине и области живота на протяжении 3–4-х суток. Наличием острого периода адаптации можно объяснить повышенную концентрацию негативных эмоций в первые три дня эксперимента.

Помимо этого, высокие уровни отвращения на вторые и пятые сутки можно объяснить утренней процедурой забора крови из вены и пальца, которая осложнялась тем, что рука в момент забора нахо-

дилась не на твердой поверхности, а на подвижной пленке, что могло являться дополнительным фактором эмоционального стресса.

Мы полагаем, что выражение печали на лице является знаком призыва о помощи, негативного переживания своего состояния, сниженного настроения, определенной беспомощности. Социальная улыбка, по нашему мнению, может рассматриваться как эмблема эмоции радости в ходе коммуникации, как осознанное придание своему сообщению позитивной модальности. Наличие социальной улыбки, как правило, свидетельствует о положительных намерениях, является произвольной демонстрацией отсутствия негативизма в коммуникации, знаком своего позитивного отношения к интервью и сообщаемым сведениям. В отличие от нее эмоция радости (как выражение базовой эмоции) отражает положительное настроение респондента, по-видимому, в предчувствии окончания исследования.

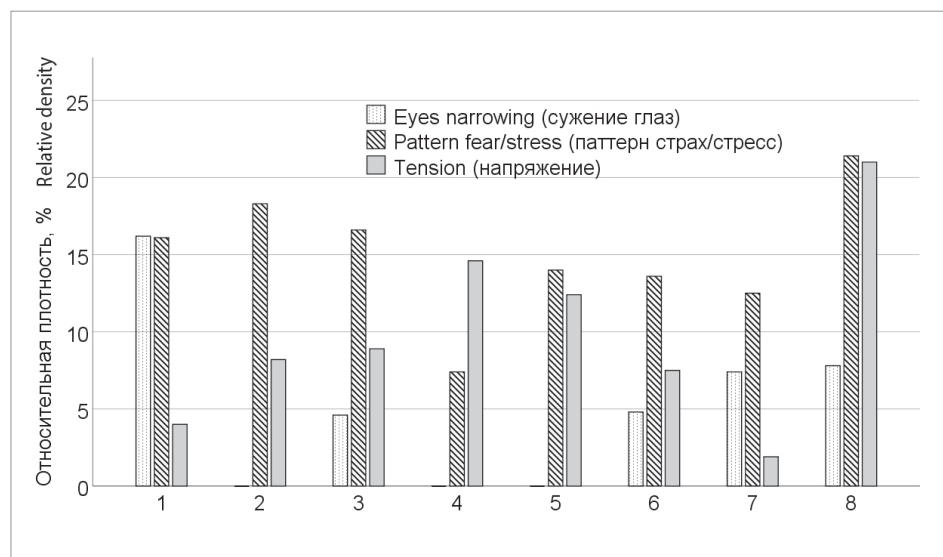


Рисунок 5

Изменение величины плотности паттернов МА в ходе эксперимента в утренние часы у испытуемого 102. Горизонтальная ось — день эксперимента

Figure 5

Change in the density of facial activity analysis patterns during the experiment in the morning hours for subject 102. Horizontal axis shows the day of the experiment

На Рисунке 5 показана динамика плотности трех паттернов МА в утренние часы. Как было указано выше, в отличие от базовых эмоций выделение разработанных нами паттернов не опирается на строгое сочетание во времени отдельных AUs в соответствии с принципами Investigator's Guide (Ekman, Friesen, Hager, 2002), а представляет собой феномен менее строгого совпадения во времени характерных AUs, входящих в структуру базовых эмоций. Это позво-

ляет нам оценивать более широкий спектр МА, не ограничиваясь набором базовых эмоций как независимых дискретных элементов, отражающих аффективное состояние человека. Фактически использование нами паттернов МА позволяет выйти из дискурса описания базовых эмоций как основных единиц анализа эмоционального поведения и перейти к описанию более сложных, составных эмоциональных переживаний.

Визуальный анализ показывает явное преобладание в ходе исследования негативного паттерна fear/stress. В утро дня окончания исследования величина его плотности достигает максимального значения — 21,4%. Паттерн эмоционального напряжения (Tension 2) особо выражен в 4 и 5 дни исследования и также имеет максимальное значение (21%) утром последнего дня. Паттерн fear/stress отражает преобладание в эмоциональном состоянии тревожного компонента, которое сопровождало весь эксперимент. Еще одним внешним проявлением стресса является паттерн напряжения (Tension 2), который мы рассматриваем как признак когнитивного напряжения. Таким образом, лицевые выражения негативных эмоциональных переживаний особенно проявились в 1, 2, 3 дни эксперимента, и были максимальными в 8 день. Отметим, что утро 8-х суток (день окончания экспериментального воздействия и выхода из иммерсионной ванны) было, вероятнее всего, наиболее ожидаемым и сложным периодом эксперимента для обследуемого.

Паттерн сужения глаз (Eyes Narrowing) имеет максимальную плотность в первый день, менее значительно выражен в 7 и 8 дни эксперимента. Можно предположить, что он также отражает стрессовые переживания, хотя мы и не нашли в литературе соответствующих свидетельств. Последнее так же может быть следствием нахождения участника исследования в атмосфере с непривычной для него низкой влажностью воздуха, что особенно отчетливо проявилось в первые сутки эксперимента.

На Рисунке 6 представлена динамика плотности различных эмоций в *вечерние часы*. В эмоциональных экспрессиях явно преобладает выраженность эмоции презрения с максимальными значениями плотности

во второй и шестой день эксперимента. Доминирование этой эмоции мы также рассматриваем как проявление компенсаторного механизма совладания со стрессом. Вечер 2-го дня — это период острой адаптации, также происходил еще один забор крови и выполнение методики в среде виртуальной реальности, которая помимо сенсорного воздействия, как правило, вызывала неприятные вестибулярные ощущения. Отметим, что вечер 6-го дня предшествует крайне болезненной процедуре взятия биопсии. Тогда же наблюдалась максимальная выраженность эмоции печали.

Минимальная выраженность эмоциональных экспрессий наблюдалась в третий (особо) и четвертый дни, что могло быть связано с окончанием острого периода адаптации и общей релаксацией. Пик позитивного выражения лица в виде так называемой «игривой улыбки» (Coy smile) наблюдался лишь один раз — в седьмой день. Мы полагаем, что данное выражение лица характерно для проявления позитивного эмоционального переживания, связанного с ожиданием окончания эксперимента и выемкой из иммерсионной ванны, а также позитивным настроением по поводу окончания болезненной процедуры взятия биопсии.

На Рисунке 6 показано наличие преобладания одного негативного паттерна МА — напряжения (Tension 2) — во второй вечер эксперимента. Как было отмечено выше, мы связываем его появление с переживанием когнитивного напряжения. Намного меньшие значения этого паттерна наблюдались в другие дни. В седьмой день наблюдалось незначительное увеличение плотности негативного паттерна fear/stress, что, по нашему мнению, является отражением в эмоциональном состоянии испытуемого тревожного компонента.

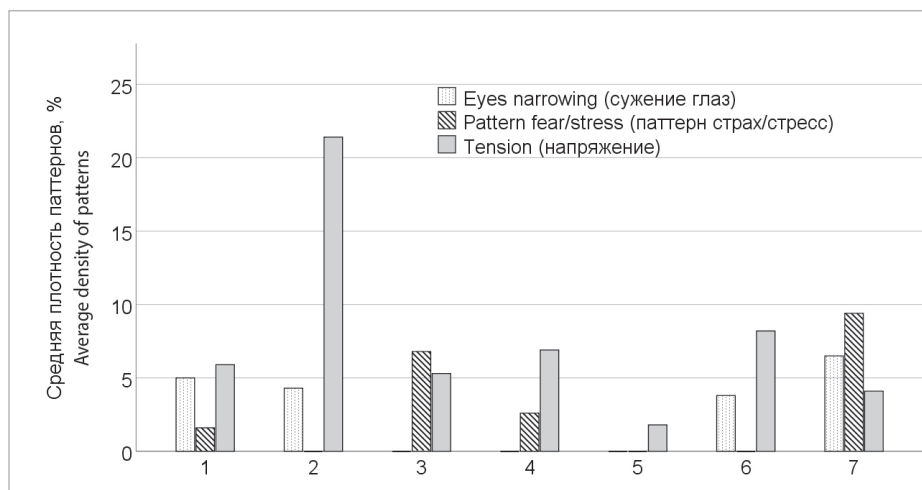


Рисунок 6

Изменение величины плотности паттернов МА в ходе эксперимента в вечерние часы у испытуемого 102.

Обозначения те же, что и на Рисунке 5.

Figure 6

Change in the density of facial activity analysis patterns during the experiment in the evening hours for subject 102.

The designations are the same as in Figure 5.

Подчеркнем еще одну важную особенность динамики лицевых экспрессий. В ряде компьютерных систем по оценке эмоций (например, Noldus FaceReader), основанных на принципе нейросетевой классификации, выделяется лишь один показатель эмоции радости. Тем не менее, опыт разных исследователей показал (Cordaro et al., 2017), что мимическое выражение радости на лице не является по составу двигательных единиц и их соотношению во времени гомогенным событием. Так, мы в настоящем исследовании выделяем три отдельных выражения лица: базовую эмоцию радости, выражение этой эмоции в виде социальной улыбки или «игривой» улыбки. Ниже на Рисунке 7 представлены величины эмоции радости в 7 день утром и вечером. Мы полагаем, что эти три события нельзя объединять в одно, поскольку они имеют разное содержание. Первый столбец обозначает величину плотности эмоции радости, полученную как сумму всех трех ее возможных оценок. Видно, что эта величина не может сама по себе характеризовать эмоциональное состояние радости, поскольку ее составляющие (столбцы справа) вносят в нее различ-

ный вклад. Например, рассмотрим величины всех составляющих суммарного показателя этой эмоции в седьмой день эксперимента утром (на Рисунке 7 слева) и вечером (справа). Утром эта величина есть композиция двух событий — базовая эмоция радости и социальная улыбка, и, фактически, радость — это не более чем выражение социальной улыбки. Наоборот, вечером мимическое выражение радости — это в основном вклад «игривой» улыбки. В строгом смысле, согласно Investigator's Guide (Ekman, Friesen, Hager, 2002) эти паттерны (социальная и «игривая» улыбка) не являются выражением базовой эмоции радости, а являются знаками осознанного позитивного отношения человека к интервью и сообщаемым сведениям. Поэтому объединять в одно целое разные по функциональному значению события нецелесообразно. Принимая во внимание, что величины плотности событий типа социальная улыбка и «игривая» улыбка в разные дни эксперимента (см. Рисунок 4) не достигают 5% уровня, использовать их вклад в суммарное значение как меру базовой эмоции радости было бы неправильно.

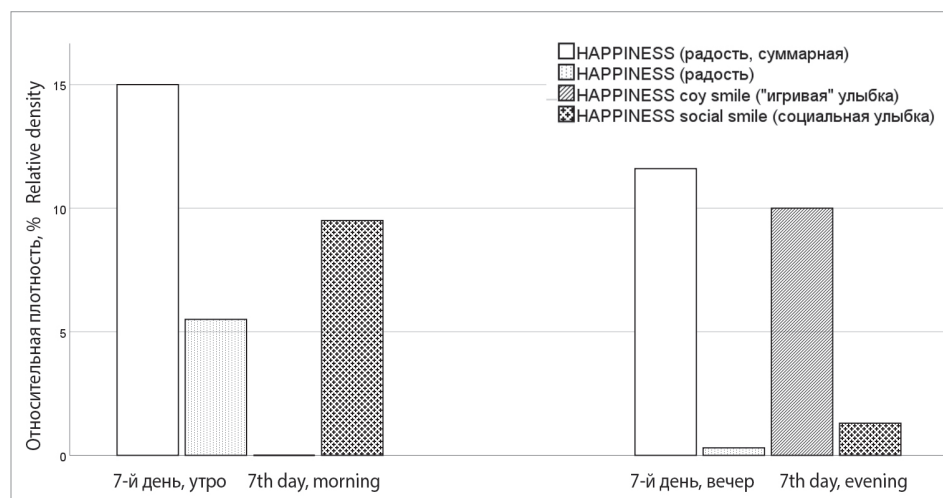


Рисунок 7

Выражение эмоции радости у испытуемого 102 утром и вечером в 7 день эксперимента как композиция разных выражений лица

Примечание: Последовательность столбцов (слева направо): суммарный показатель радости, радость как базовая эмоция, радость как «игривая» улыбка и радость как социальная улыбка.

Figure 7

Happiness expression as a composition of different facial expressions in subject 102 in the morning and in the evening on day 7 of the experiment

Note: Column order (from left to right): total happiness score, joy as a basic emotion, coy smile, and happiness as a social smile.

Приведем еще один пример результатов описания динамики лицевых экспрессий у другого испытуемого. На Рисунках 8 и 9 представлена динамика эмоциональных экспрессий у испытуемого 109 в утренние

часы. К сожалению, по организационно-техническим причинам в вечернее время несколько записей сделаны не были, поэтому мы описываем у него изменения лицевых экспрессий только в утренние часы.

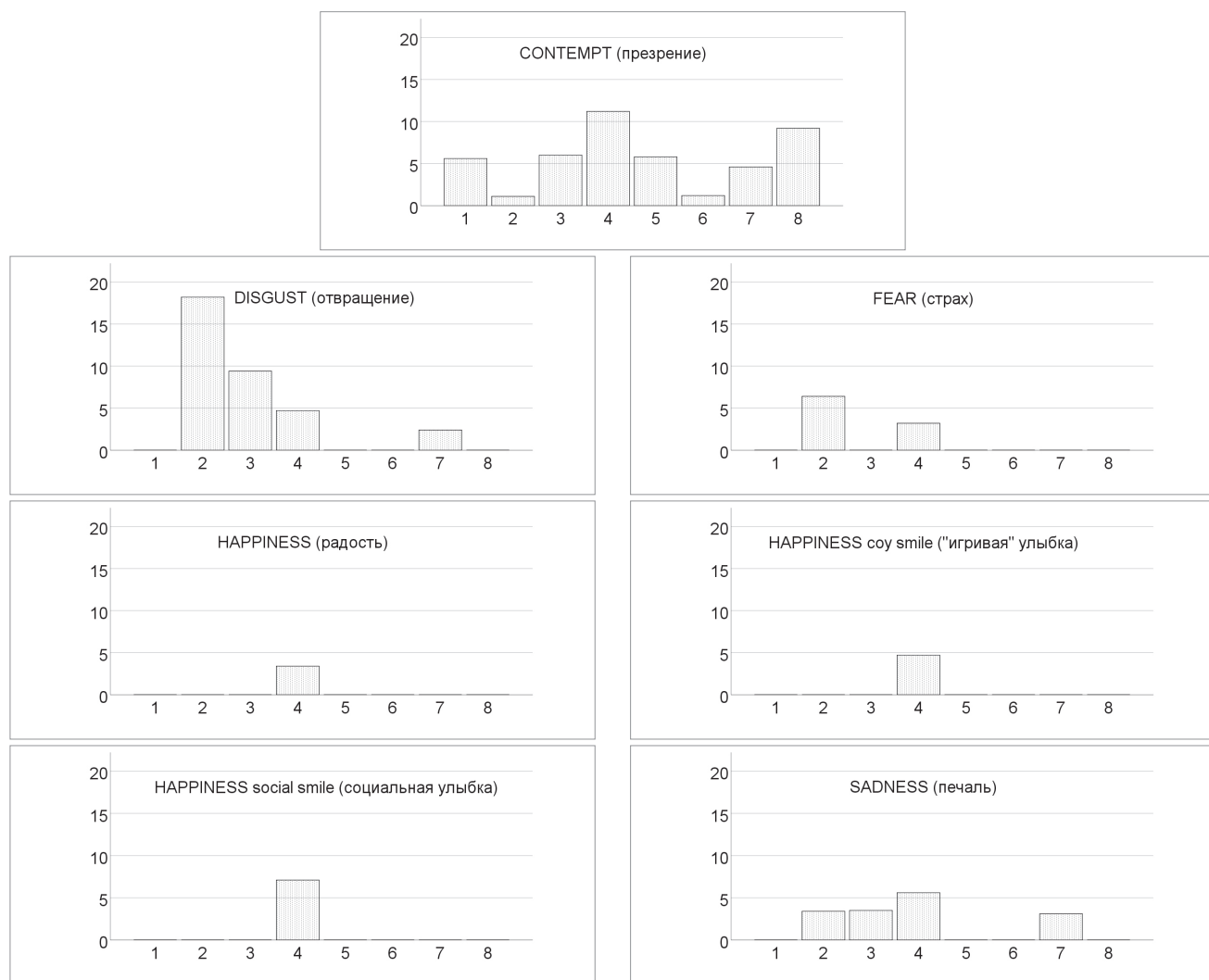


Рисунок 8

Изменение величины плотности эмоциональных экспрессий в ходе эксперимента в утренние часы у испытуемого 109. Обозначения те же, что и на Рисунке 4.

Figure 8

Change in the density of emotional expressions during the experiment in the morning hours for subject 109. The designations are the same as in Figure 4.

Максимальные значения выраженности лицевых экспрессий наблюдались по второй день эксперимента: доминировало отвращение, значительно меньшая выраженность была у эмоции страха. По нашему мнению, это отражает наличие негативных эмоциональных переживаний. В 6 и 7 дни эмоциональные экспрессии практически отсутствовали. Второй по значимости пик выраженности эмоций наблюдался в 4 день: доминировала эмоция презрения, в меньшей степени были выражены эмоция грусти и социальная улыбка. Появление социальной улыбки в контексте с двумя негативными эмоциями может означать попытку демонстрации возмож-

ности совладания со своими переживаниями, быть знаком придания своему сообщению оптимизма. В 3 день были умеренно выражены две эмоции: отвращение и презрение. Отметим также, что в ходе исследования часто (5 дней из 8) наблюдалось появление эмоции презрения. Как было отмечено выше, выражение этой эмоции является проявлением компенсаторного механизма, позволяющего справиться с негативными переживаниями, связанными с влиянием на испытуемого неблагоприятных условий деятельности.

Можно заметить, как в течение вторых, третьих и четвертых суток постепенно снижается выражен-

ность эмоции отвращения — как и в предыдущем случае это, скорее всего, связано с уходом болевого синдрома, характерного для острого периода адаптации (Tomilovskaya et al., 2019; Bersenev et al., 2021). На четвертый день в мимике появляются «новые» эмоции (удивление и радость), что говорит об «оживлении», и, возможно даже, об «эйфории» после снижения интенсивности (или даже окончания) неприятных болевых ощущений.

Анализ изменения плотности паттернов МА показывает преобладание на лице негативных экспрессий. В большей степени выражен паттерн напряжения, особенно в 1, 3 и 6 дни эксперимента. Причем

в 3 день мы видим его сочетание с паттерном fear/stress — это момент максимальной выраженности негативных эмоций. Характерным для эксперимента в целом является появление паттерна сужения глаз, что, по-видимому, может рассматриваться как реакция на высыхание склеры. Отметим, что к концу исследования его выраженность снижается в среднем с 13–17 до 6–7%. Судя по величине внешних признаков отрицательных эмоций, 2, 3 и 4 дни эксперимента для этого испытуемого были самыми сложными, поскольку лишь в эти дни наблюдался паттерн fear/stress, обозначенный нами как признак преобладания тревожного состояния.

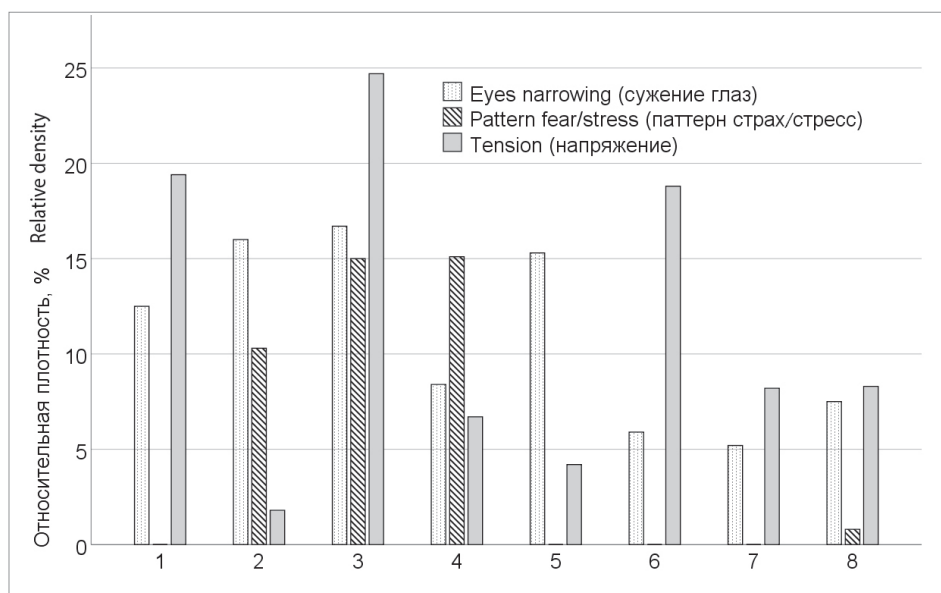


Рисунок 9

Изменение величины плотности паттернов МА в ходе эксперимента в утренние часы и испытуемого 109.

Обозначения те же, что и на Рисунке 5

Figure 9

Change in the density of facial activity patterns during the experiment in the morning hours for subject 109. Designations are the same as in Figure 5

Заключение

Описанные выше результаты дают основание полагать, что с помощью разработанной технологии автоматического анализа лицевых экспрессий, основанной на имплементации комплексного подхода (comprehensive approach) к измерению и интерпретации изменений поверхности лица человека (Ekman, Friesen, Hager, 2002; Rosenberg, Ekman, 2020), возможно описание изменений эмоционального состояния участников эксперимента «Сухая иммерсия». Это позволяет дать объективную и независимую от самооценок респондентов или опыта эксперта информа-

цию о характерных изменениях МА как надежных поведенческих показателей базовых эмоций и других паттернов эмоциональных экспрессий.

Подчеркнем, что выбранная нами для описания МА единица анализа — двигательная единица FACS, на наш взгляд, обладает принципиальными преимуществами: 1) соответствует де-факто принятому научным сообществом стандарту описания МА вне зависимости от расы, национальной или гендерной принадлежности человека; 2) создает возможность конструирования различных паттернов лицевых экспрессий; 3) не ограничивает исследователей в использовании имеющихся схем интерпретации наблюдаемых изменений лицевых экспрессий как

внешних индикаторов эмоциональных переживаний (Ekman, Friesen, Hager, 2002; Bänziger, Patel, Scherer, 2014; Feldman Barrett et al., 2019).

На наш взгляд, это открывает новые методические возможности для космической психологии при решении задачи автоматического мониторинга эмоционального состояния операторов, работающих в особых условиях профессиональной деятельности.

Наш опыт показал, что существенным ограничением использования разработанной технологии анализа МА является качество видеозаписи лица респон-

дента. В качестве перспектив наших исследований обозначим следующие: 1) разработка новых паттернов МА для оценки специфических изменений эмоционального состояния человека, характеризующих условия протекания его профессиональной деятельности, например: различные способы совладания со стрессом, уровни и индивидуальные особенности эмоциональных переживаний; 2) разработка и апробация экспериментальных моделей изучения эмоциональных экспрессий в реальной операторской деятельности.

Список литературы

- Гусев, А.Н., Баев, М.С., Кремлев, А.Е. (2021). Метод прямой оценки лицевых экспрессий на видеозаписи: от восприятия эксперта к компьютерному зрению. В сборнике Социально-психологические проблемы цифровизации современного общества: личность, организация, управление. Под ред. Т.А. Жалагина и др. Тверь: ТГУ, С. 268–278.
- Гущин, В.И., Кувшинова, О.Л., Шалина, О.С., Виноходова, А.Г., Зюдфельд, П., Джонсон, Ф.Д. (2018). Методический подход к исследованию автобиографических представлений космонавтов. *Авиакосмическая и экологическая медицина*, 52(5), 23–27.
- Дарвин, Ч., Экман, П. (2013). О выражении эмоций у человека и животных. Пер. с англ. Санкт-Петербург: Питер.
- Изард, Э. (2021). Психология эмоций. Пер. с англ. Санкт-Петербург: Питер.
- Лебедева, С.А., Швед, Д.М., Гущин, В.И. (2020). Возможности компьютерного анализа акустических характеристик речи человека-оператора в условиях космического полета. *Пилотируемые полеты в космос*, 36(3), 109–124.
- Леонова, А.Б. (1984). Психодиагностика функциональных состояний человека. Москва: Рипол Классик.
- Леонова, А.Б., Кузнецова, А.С. (2007). Психологические технологии управления состоянием человека. Москва: Смысл.
- Никонов, А.В. (1985). Психологические проблемы акустической диагностики функциональных состояний оператора в особых условиях. Психологические проблемы деятельности в особых условиях: сборник статей. Москва: «Наука».
- Осин, Е.Н. (2012). Измерение позитивных и негативных эмоций: разработка русскоязычного аналога методики PANAS. Психология. *Журнал Высшей школы экономики*, 9(4), 91–110.
- Смирнов, Б.А., Долгополова, Е.В. (2007). Психология деятельности в экстремальных ситуациях. Харьков: Изд-во Гуманитарный Центр.
- Юсупова, А.К., Гущин, В.И., Ушаков, И.Б. (2011). Коммуникации космических экипажей в реальных и моделируемых космических полетах. Москва: ГИЦ РФ — ИМБП РАН.
- Baev, M., Gusev, A., Kremlev, A. (2023). Non-biased cFACS measurement tool: From idea to software application. In: Clara Pracana and Michael Wang (Eds.), *Psychological Applications and Trends* (pp. 666–670). Lisboa: Portugal.
- Banse, R., Scherer, K.R. (1996). Acoustic profiles in vocal emotion expression. *Journal of Personality and Social Psychology*, 70(3), 614–636.
- Bänziger, T., Patel, S., Scherer, K.R. (2014). The role of perceived voice and speech characteristics in vocal emotion communication. *Journal of Nonverbal Behavior*, 38(1), 31–52.
- Barrett, L.F., Adolphs, R., Marsella, S., Martinez, A.M., Pollak, S.D. (2019). Emotional expressions reconsidered: Challenges to inferring emotion from human facial movements. *Psychological Science in the Public Interest*, 20(1), 1–68. <https://doi.org/10.1177/1529100619832930>
- Baykaner, K.R., Huckvale, M., Whiteley, I., Andreeva, S., Ryumin, O. (2015). Predicting fatigue and psychophysiological test performance from speech for safety-critical environments. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, (3), 124.
- Bell, M. (2013). *Hard Feelings: The Moral Psychology of Contempt*. New York: Oxford Univ. Press.
- Bersenev, E.Y., Ukraintseva, Y.V., Kovrov, G.V., Yakhya, Y.D., Vassilieva, G.Y., Tomilovskaya, E.S., Orlov, O.I. (2021). Sleep in 21-Day Dry Immersion. Are Cardiovascular Adjustments Rapid Eye Movement Sleep-Dependent? *Frontiers in Physiology*, (12), 749773.
- Cohen, A.O., Breiner, K., Steinberg, L., Bonnie, R.J., Scott, E.S., Taylor-Thompson, K., Casey, B.J. (2016). When is an adolescent an adult? Assessing cognitive control in emotional and nonemotional contexts. *Psychological Science*, 27(4), 549–562.
- Cordaro, D.T. et al., “Universals and Cultural Variations in 22 Emotional Expressions Across Five Cultures,” *Emotion*, Advance online publication, June 12, 2017, <http://dx.doi.org/10.1037/emo0000302>
- Ekman, P. (1989). The Argument and Evidence about Universals in Facial Expression of Emotion. In: Wagner, H., Manstead, A. (Eds.), *Handbook of Social Psychophysiology* (pp. 143–164). Chichester: John Wiley & Sons, Ltd.
- Ekman, P., Friesen, W.V., Hager, J.C. (2002). *The facial action coding system* (2nd ed.). London: Weidenfeld and Nicolson.
- Ellgring, H. (2008). *Non-verbal communication in Depression*. Cambridge: Cambridge Univ. Press.
- Kanas, N. (2023). *Living and Working in Space. Behavioral Health and Human Interactions in Space*. Cham: Springer International Publishing.
- Koglbauer, I.V., Braunstingl, R. (2021). Applications of Cardiac and Electrodermal Activity Assessment in Aviation. In: I. Koglbauer, S. Biede-Straussberger (Eds.), *Aviation Psychology: Applied Methods and Techniques* (pp. 141–162). Hogrefe Verlag GmbH & Co.KG.
- Lebedeva, S., Shved, D., Savinkina, A. (2022). Assessment of the Psychophysiological State of Female Operators Under Simulated Microgravity. *Frontiers in Psychology*, (12), 2562.
- Logan, D.L. (2022). *First Course in the Finite Element Method, Enhanced Edition, SI Version*. Cengage Learning.
- Oluwafemi, F.A., Abdelbaki, R., Lai, J.C.Y., Mora-Almanza, J.G., & Afolayan, E.M. (2021). A review of astronaut mental health in manned missions: Potential interventions for cognitive and mental health challenges. *Life Sciences in Space Research*, (28), 26–31.

- Robin, A., Auvinet, A., Degryse, B., Murphy, R., Bareille, M.P., Beck, A., Navasiolava, N. (2020). DI-5-CUFFS: venoconstrictive thigh cuffs limit body fluid changes but not orthostatic intolerance induced by a 5-day dry immersion. *Frontiers in Physiology*, (11), 383.
- Rosenberg, E.L., Ekman, P. (Eds.). (2020). What the face reveals: Basic and applied studies of spontaneous expression using the Facial Action Coding System (FACS). Oxford: Oxford Univ. Press.
- Rusanov, V.B., Pastushkova, L.K., Larina, I.M., Chernikova, A.G., Goncharova, A.G., Nosovsky, A.M., Nikolaev, E.N. (2020). The effect of five-day dry immersion on the nervous and metabolic mechanisms of the circulatory system. *Frontiers in Physiology*, (11), 692.
- Slavich, G.M., Taylor, S., Picard, R.W. (2019). Stress measurement using speech: Recent advancements, validation issues, and ethical and privacy considerations. *Stress*, 22(4), 408–413.
- Supolkina, N., Yusupova, A., Shved, D., Gushin, V., Savinkina, A., Lebedeva, S.A., Kuznetsova, P. (2021). External communication of autonomous crews under simulation of interplanetary missions. *Frontiers in Physiology*, (12), 751170.
- Tomilovskaya, E., Shigueva, T., Sayenko, D., Rukavishnikov, I., Kozlovskaya, I. (2019). Dry immersion as a ground-based model of microgravity physiological effects. *Frontiers in Physiology*, (10), 284.

References

- Baev, M., Gusev, A., Kremlev, A. (2023). Non-biased cFACS measurement tool: From idea to software application. In: Clara Pracana and Michael Wang (Eds.), *Psychological Applications and Trends* (pp. 666–670). Lisboa, Portugal.
- Banse, R., Scherer, K.R. (1996). Acoustic profiles in vocal emotion expression. *Journal of Personality and Social Psychology*, 70(3), 614–636.
- Bänziger, T., Patel, S., Scherer, K.R. (2014). The role of perceived voice and speech characteristics in vocal emotion communication. *Journal of Nonverbal Behavior*, 38(1), 31–52.
- Barrett, L.F., Adolphs, R., Marsella, S., Martinez, A.M., and Pollak, S.D. (2019). Emotional expressions reconsidered: Challenges to inferring emotion from human facial movements. *Psychological Science in the Public Interest*, 20(1), 1–68. <https://doi.org/10.1177/1529100619832930>
- Baykaner, K.R., Huckvale, M., Whiteley, I., Andreeva, S., Ryumin, O. (2015). Predicting fatigue and psychophysiological test performance from speech for safety-critical environments. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, (3), 124.
- Bell, M. (2013). *Hard Feelings: The Moral Psychology of Contempt*. New York: Oxford Univ. Press.
- Bersenev, E.Y., Ukrainitseva, Y.V., Kovrov, G.V., Yakhya, Y.D., Vassilieva, G.Y., Tomilovskaya, E.S., Orlov, O.I. (2021). Sleep in 21-Day Dry Immersion. Are Cardiovascular Adjustments Rapid Eye Movement Sleep-Dependent? *Frontiers in Physiology*, (12), 749773.
- Cohen, A.O., Breiner, K., Steinberg, L., Bonnie, R.J., Scott, E.S., Taylor-Thompson, K., Casey, B.J. (2016). When is an adolescent an adult? Assessing cognitive control in emotional and nonemotional contexts. *Psychological Science*, 27(4), 549–562.
- Cordaro, D.T. et al., “Universals and Cultural Variations in 22 Emotional Expressions Across Five Cultures,” *Emotion*, Advance online publication, June 12, 2017, <http://dx.doi.org/10.1037/emo0000302>
- Darwin, Ch., Ekman, P. (2013). On the expression of emotions in humans and animals. Trans. from English. St. Petersburg: Piter. (In Russ.).
- Ekman, P. (1989). The Argument and Evidence about Universals in Facial Expression of Emotion. In Wagner, H. and Manstead, A. (Eds.), *Handbook of Social Psychophysiology* (pp. 143–164). Chichester: John Wiley and Sons, Ltd.
- Ekman, P., Friesen, W.V., Hager, J.C. (2002). *The facial action coding system* (2nd ed.). London: Weidenfeld and Nicolson.
- Ellgring, H. (2008). *Non-verbal communication in Depression*. Cambridge: Cambridge Univ. Press.
- Gusev, A.N., Baev, M.S., Kremlev, A.E. (2021). Method of direct assessment of facial expressions on video recordings: from expert perception to computer vision. In: T.A. Zhalagin (Ed.), *Socio-psychological problems of digitalization of modern society: personality organization, management* (pp. 268–278). Tver': TGU. (In Russ.).
- Gushchin, V.I., Kuvshinova, O.L., Shalina, O.S., Vinokhodova, A.G., Zyudfeld, P., Dzhonson, F.D. (2018). Methodical approach to the study of autobiographical representations of cosmonauts. *Aviakosmicheskaya i Ekologicheskaya Meditsina (Aerospace and Environmental Medicine)*, 52(5), 23–27. (In Russ.).
- Izard, E. (2021). *Psychology of Emotions*. Translated from English. St. Petersburg: Piter. (In Russ.).
- Kanas, N. (2023). *Living and Working in Space. Behavioral Health and Human Interactions in Space*. Cham: Springer International Publishing.
- Koglbauer, I.V., Braunstingl, R. (2021). Applications of Cardiac and Electrodermal Activity Assessment in Aviation. In: I. Koglbauer, S. Biede-Straussberger (Eds.), *Aviation Psychology: Applied Methods and Techniques* (pp. 141–162). Hogrefe Verlag GmbH and Co.KG.
- Lebedeva, S., Shved, D., Savinkina, A. (2022). Assessment of the Psychophysiological State of Female Operators Under Simulated Microgravity. *Frontiers in Psychology*, (12), 2562.
- Lebedeva, S.A., Shved, D.M., Gushchin, V.I. (2019). Preliminary results of studying the functional state of a human operator by analyzing acoustic characteristics of speech under the influence of simulated factors of space flight. *Aviakosmicheskaya i Ekologicheskaya Meditsina (Aerospace and Environmental Medicine)*, 53(2), 50–56. (In Russ.).
- Leonova, A.B. (1984). *Psychodiagnostics of functional states of a person*. Moscow: Ripol Klassik. (In Russ.).
- Leonova, A.B., Kuznetsova, A.S. (2007). *Psychological technologies of human condition management*. Moscow: Smysl. (In Russ.).
- Logan, D.L. (2022). *First Course in the Finite Element Method, Enhanced Edition, SI Version*. Cengage Learning.
- Nikonov, A.V. (1985). Psychological problems of acoustic diagnostics of functional states of the operator in special conditions (pp. 136–153). In: *Psychological Problems of Activity in Special Conditions: Collection of Articles*. Moscow: Nauka. (In Russ.).
- Oluwafemi, F.A., Abdelbaki, R., Lai, J.C.Y., Mora-Almanza, J.G., & Afolayan, E.M. (2021). A review of astronaut mental health in manned missions: Potential interventions for cognitive and mental health challenges. *Life Sciences in Space Research*, (28), 26–31.
- Osin, E.N. (2012). Measurement of positive and negative emotions: development of a Russian-language analogue of the PANAS methodology. *Psikhologiya. Zhurnal Vysshei Shkoly Ekonomiki (Psychology. Journal of the Higher School of Economics)*, 9(4), 91–110. (In Russ.).
- Robin, A., Auvinet, A., Degryse, B., Murphy, R., Bareille, M.P., Beck, A., Navasiolava, N. (2020). DI-5-CUFFS: venoconstrictive thigh cuffs limit body fluid changes but not orthostatic intolerance induced by a 5-day dry immersion. *Frontiers in Physiology*, (11), 383.

Rosenberg, E.L., Ekman, P. (Eds.). (2020). What the face reveals: Basic and applied studies of spontaneous expression using the Facial Action Coding System (FACS). Oxford: Oxford Univ. Press.

Rusanov, V.B., Pastushkova, L.K., Larina, I.M., Chernikova, A.G., Goncharova, A.G., Nosovsky, A.M., Nikolaev, E.N. (2020). The effect of five-day dry immersion on the nervous and metabolic mechanisms of the circulatory system. *Frontiers in Physiology*, (11), 692.

Slavich, G.M., Taylor, S., Picard, R.W. (2019). Stress measurement using speech: Recent advancements, validation issues, and ethical and privacy considerations. *Stress*, 22(4), 408–413.

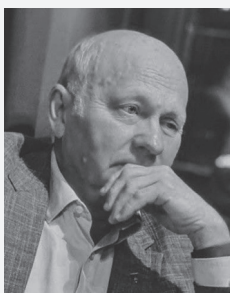
Smirnov, B.A., Dolgopolova, E.V. (2007). Psychology of activity in extreme situations. Kharkov: Publishing house Humanities Centre. (In Russ.).

Supolkina, N., Yusupova, A., Shved, D., Gushin, V., Savinkina, A., Lebedeva, S.A., Kuznetsova, P. (2021). External communication of autonomous crews under simulation of interplanetary missions. *Frontiers in Physiology*, (12), 751170.

Tomilovskaya, E., Shigueva, T., Sayenko, D., Rukavishnikov, I., Kozlovskaya, I. (2019). Dry immersion as a ground-based model of microgravity physiological effects. *Frontiers in Physiology*, (10), 284.

Yusupova, A.K., Gushchin, V.I., Ushakov, I.B. (2011). Communications of space crews in real and simulated space flights. Moscow: SSC RF — IMBP RAS. (In Russ.).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / ABOUT THE AUTHORS



Алексей Николаевич Гусев, профессор, доктор психологических наук, профессор кафедры психологии личности факультета психологии Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, Москва, Российская Федерация, angusev@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-9299-7092>

Alexey N. Gusev, Professor Dr. Sci. (Psychology), Professor at the Department of Personality Psychology, Faculty of Psychology, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation, angusev@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-9299-7092>



Михаил Степанович Баев, заместитель генерального директора «Учет-Н», Санкт-Петербург, Российская Федерация, mikhail.baev@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-1842-2012>

Mikhail S. Baev, Deputy CEO of LLC Uchet-N, St. Petersburg, Russian Federation, mikhail.baev@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-1842-2012>



Светлана Алексеевна Лебедева, младший научный сотрудник лаборатории когнитивной психологии и психологии малых групп Российской Федерации Института медико-биологических проблем Российской академии наук, Москва, Российская Федерация, sveta-firefox@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0325-6397>

Svetlana A. Lebedeva, Junior Researcher at the Laboratory of Cognitive Psychology and Small Group Psychology of the Institute for Biomedical Problems of the Russian Academy of Sciences (IBMP RAS), Moscow, Russian Federation, sveta-firefox@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0325-6397>



Александра Олеговна Савинкина, кандидат психологических наук, научный сотрудник лаборатории когнитивной психологии и психологии малых групп Института медико-биологических проблем Российской Академии наук, Москва, Российская Федерация, a.o.savinkina@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0001-5460-9258>

Alexandra O. Savinkina, Cand. Sci. (Psychology), Researcher at the laboratory of Cognitive Psychology and Small Group Psychology of the Institute for Biomedical Problems of the Russian Academy of Sciences (IBMP RAS), Moscow, Russian Federation, a.o.savinkina@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0001-5460-9258>

Поступила: 08.09.2023; получена после доработки: 11.12.2023; принята в печать: 30.01.2024.

Received: 08.09.2023; revised: 11.12.2023; accepted: 30.01.2024.