



ПСИХОФИЗИОЛОГИЯ | PSYCHOPHYSIOLOGY

Научная статья | Original paper

Описание типичных компонентов ССП, проявляющихся при решении задачи различения коротких интервалов времени

К.С. Юдаков^{1, 2}✉, Д.Л. Гладилин^{1, 3}, В.В. Апанович^{1, 2},

Э.А. Арамян¹, Ю.И. Александров^{1, 2}

¹ Институт психологии Российской академии наук, Москва, Российская Федерация

² Государственный академический университет гуманитарных наук, Москва, Российская Федерация

³ Московский государственный психолого-педагогический университет, Москва, Российская Федерация

✉ kost05062000@mail.ru

Резюме

Контекст и актуальность. Настоящая статья является одной из цикла работ, публикуемых в рамках крупного исследовательского проекта, который посвящен изучению процессуальной характеристики научения. **Методы и материалы.** На основе теории обнаружения сигнала и методики «Да-нет» ранее разработана и апробирована процедура с регистрацией ЭЭГ, направленная на изучение динамики процессов приобретения и совершенствования навыка при решении задачи различения коротких интервалов времени (длительности предъявления визуальных сигналов). **Цель** данного исследования – выделить и описать типичные компоненты связанных с событием потенциалов (ССП) в эпоху предъявления оцениваемого сигнала в отведениях F-, C-, P- и O- у участников эксперимента, включенных в разные группы: приобрели, не приобрели, усовершенствовали и не усовершенствовали навык. Выборка составила 17 человек (5 мужчин, 12 женщин, 18–45 лет, med – 19). **Результаты.** Была выделена специфическая для данной задачи конфигурация компонентов ССП, встречающаяся во всех отведениях у всех участников исследования. **Выводы.** Получены достоверные и устойчивые по всей выборке различия в значениях амплитуды и латентного периода отдельных компонентов между отведениями F-, C- и P-, O-. Достоверные различия амплитудно-временных характеристик компонентов, выделенных у участников из разных групп, не обнаружены.

Ключевые слова: системно-эволюционный подход, электроэнцефалограмма, связанные с событием потенциалы, научение, приобретение навыка, совершенствование навыка, восприятие времени

Финансирование. Исследование поддержано грантом РНФ № 23-18-00473 (Институт психологии РАН).

Благодарности. Авторы благодарят С.А. Карпова за разработку и предоставление программного обеспечения.

Для цитирования: Юдаков, К.С., Гладилин, Д.Л., Апанович, В.В., Арамян, Э.А., Александров, Ю.И. (2025). Описание типичных компонентов ССП, проявляющихся при решении задачи различения коротких интервалов времени. *Экспериментальная психология*, 18(2), 50–71. <https://doi.org/10.17759/exppsy.2025180203>

© Юдаков К.С., Гладилин Д.Л., Апанович В.В., Арамян Э.А., Александров Ю.И., 2025



Description of typical components of the ERP when solving the task of distinguishing short intervals of time

K.S. Yudakov^{1,2} , D.L. Gladilin^{1,3}, V.V. Apanovich^{1,2},
E.A. Aramyan¹, Yu.I. Alexandrov^{1,2}

¹ Institute of Psychology of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

² State Academic University for the Humanities, Moscow, Russian Federation

³ Moscow State University of Psychology and Education, Moscow, Russian Federation

 kost05062000@mail.ru

Abstract

Context and relevance. This article is one of a series of works published as part of a major research project devoted to the study of the procedural characteristics of learning. **Methods and materials.** Based on the Signal Detection Theory and the “Yes-No” task method with EEG recording was previously developed and tested to study the dynamics of the processes of acquisition/improvement of a skill of distinguishing short intervals of time. The **objective** of the study was to identify and describe typical components of event-related potentials (ERPs) during the presentation of the estimated signal in leads F-, C-, P-, and O- for the analysis of the brain support of learning process in different groups experiment: acquired, *not* acquired, improved, and *not* improved the skill. The sample consisted of 17 people (5 men, 12 women, 18–45 years old, med – 19). **Results.** A task-specific configuration of ERP components was identified, occurring in all leads in all study participants. **Conclusions.** Reliable and stable differences in the amplitude and latent period values of individual some components between leads F-, C- and P-, O- were obtained for the entire sample. No significant differences were found in the amplitude-time characteristics of the components extracted from participants from different groups.

Keywords: system-evolutionary approach, electroencephalogram, event-related potentials, learning, skill acquisition, skill improvement, time perception

Funding. The research is supported by the Russian Science Foundation project No. 23-18-00473 (Institute of Psychology of Russian Academy of Sciences).

Acknowledgements. The authors are grateful for developing and providing the software S.A. Karpov.

For citation: Yudakov, K.S., Gladilin, D.L., Apanovich, V.V., Aramyan, E.A., Alexandrov, Yu.I. (2025). Description of typical components of the ERP when solving the task of distinguishing short intervals of time. *Experimental Psychology (Russia)*, 18(2), 50–71. (In Russ.). <https://doi.org/10.17759/exppsy.2025180203>

Введение

Настоящая статья является одной из цикла работ, публикуемых в рамках исследовательского проекта (Апанович и др., 2022; Апанович, Юдаков, Егорова, 2024; Юдаков и др., 2023), посвященного изучению процессуальной характеристики обучения с позиций системно-эволюционного подхода (СЭП), разработанного В.Б. Швырковым (Швырков, 1995). При многообразии теоретических подходов к пониманию процесса обучения в литературе отсутствуют четкие теоретически обоснованные критерии разделения процессов приобретения *нового* навыка и совершенствование *уже имеющегося* навыка. При этом, хотя большинство теоретических построений подразумевают определение обучения (приобретения навыка и совершенствования навыка) именно как процесса(-ов), большинство исследований с регистрацией ЭЭГ построено по принципу сравнения «до—после» (Verleger, Gasser, Möcks, 1985; Rüsseler et al., 2003) или сравнения произвольно выделенных эпох ана-



лиза (Jongsma et al., 2006; Kecesici, Degirmenci, Atakay, 2006), не подразумевая специального «континуального» анализа процессуальной составляющей обучения¹. Ввиду чего процессуальная составляющая мозгового обеспечения обучения остается слабо изученной.

В рамках проекта была выдвинута следующая **гипотеза**: приобретение и совершенствование навыка являются разными системными процессами и составляющими обучения: приобретение навыка в большей степени представлено процессом формирования новых систем (системогенезом), а совершенствование навыка в большей степени — процессом изменения уже существующей структуры (изменение межсистемных отношений)². При этом с позиций СЭП результатом и приобретения, и совершенствования навыка будет выступать формирование и/или модификация определенных элементов опыта, представленных в виде набора нейронов, специализированных относительно навыка (поведения), которому обучается организм. Мы предполагаем, что основные различия процессов приобретения и совершенствования навыка на записи ЭЭГ будут проявляться именно в их процессуальной характеристикике (динамике изменения амплитудно-временных характеристик компонентов ССП)³.

Для изучения процессуальной характеристики обучения апробирована (Апанович и др., 2022) задача различения коротких интервалов времени в зрительной модальности (различение длительности предъявления визуальных сигналов) по методике⁴ «Да-нет» (Гусев, Измайлов, Михалевская, 1998), разработанная В.А. Садовым на основе теории обнаружения сигнала (Green, Swets, 1966). Задача выбрана по следующим причинам:

- Предположительно, оценка различий длительности предъявления коротких зрительных сигналов на экране компьютера — один из наименее экологически валидных навыков, а значит, слабо представлен в структуре индивидуального опыта, что делает возможным изучение приобретения именно нового навыка.
- При определенном подборе сложности задача является околовороговой (например, различие интервалов 400 и 450 мс), что максимизирует ее сложность и позволяет растянуть во времени процесс обучения.
- При различении коротких интервалов времени различительную способность (показатель d')⁵ можно напрямую соотнести со степенью успешности решения задачи и проинтерпретировать как показатель результативности решения как для приобретения навыка, так и для совершенствования.
- Показатель d' рассчитывается на основе соотношения правильных и неправильных ответов участника исследования по определенному количеству проб (подробнее про расчет пока-

¹ Здесь и далее под обучением понимаются оба процесса: приобретение и совершенствование навыка.

² Теоретическое обоснование понятий системогенеза и изменения межсистемных отношений см. в (Александров и др., 2014).

³ С позиций СЭП колебания ЭЭГ, проявляемые в виде компонентов ССП, интерпретируются нами как изменение относительного количества актуализируемых систем (элементов опыта), связанных с решаемой задачей (реализуемым поведением). Данная интерпретация основана на прямом сопоставлении нейрональной активности с амплитудно-временными характеристиками компонентов ССП (Гаврилов, 1987).

⁴ Здесь и далее используется термин «методика» для дифференцирования метода как способа познания (индуктивного или дедуктивного) от более конкретизированных инструментальных процедур, позволяющих проводить конкретно-научное измерение.

⁵ В психофизике d' является традиционно используемым показателем и описывается как показатель чувствительности (различительной способности участника исследования), расчет показателя см. (Гусев и др., 1998; Апанович и др., 2024).



зателя см. (Гусев и др., 1998; Апанович и др., 2024)), что позволяет сопоставлять его с конкретным окном (см. Методика) усреднения компонентов ССП и рассчитывать результативность решения количественным методом на коротком временном отрезке для большей точности ее оценки и возможности анализа динамики ее изменения на протяжении всего эксперимента.

На текущем этапе реализации проекта выполняется следующая задача, которой посвящена данная работа: выделение и описание типичных компонентов ССП, проявляющихся на разных отведениях у участников исследования, которые приобрели, не приобрели, усовершенствовали и не усовершенствовали навык решения задачи различия коротких интервалов времени. Были выдвинуты следующие исследовательские гипотезы:

1) у участников исследования во время решения задачи в эпоху предъявления оцениваемого сигнала будет выделяться конфигурация компонентов ССП, устойчивая между разными группами участников исследования;

2) выделенная конфигурация компонентов ССП не будет различаться между разными отведениями.

В качестве эпохи для анализа и усреднения потенциалов в настоящей статье использовался период предъявления оцениваемого сигнала и паузы перед ним. В рассматриваемый интервал задачи реализуются два значимых этапа процесса: 1) актуализация опыта оценки времени предъявляемых сигналов (до начала предъявления сигнала участник «готовится» к предъявлению сигнала) и 2) реализация поведения оценки времени предъявления (участник исследования непосредственно просматривает и оценивает сигнал), — которые представляют с позиций системно-эволюционного подхода (Швырков, 1995) целостный поведенческий акт оценки предъявляемого сигнала, ввиду чего данная эпоха для нас вызывает первостепенный интерес.

Выделение набора типичных⁶ компонентов ССП во время решения задачи, позволит на следующем этапе проекта использовать эти компоненты в качестве маркеров для сопоставления динамики их амплитудно-временных характеристик с динамикой результативностью решения, что необходимо для исследования процессуальной составляющей мозгового обеспечения научения.

Методика

Участники исследования

В исследовании приняло участие 17 «наивных» участников исследования (5 мужчин, 12 женщин, 18–45 лет, med – 19). Участники подбирались в возрастном диапазоне от 18 до 45 лет, так как люди данного возрастного периода показывают наиболее стабильные результаты при решении задач, связанных с «восприятием» или оценкой времени (Лисенкова, Шлагонова, 2021, с. 13). На основе анализа поведенческих результатов (динамики показателя d') исследования было сформировано 4 группы (метод группировки см. в Апанович, Юдаков, Егорова, 2024; Юдаков и др., 2024):

1. изначально решали задачу случайным образом и *не* приобрели навык – 3 чел.;
2. изначально решали задачу случайным образом и приобрели навык – 7 чел.;
3. изначально решали неслучайным образом, но *не* усовершенствовали навык – 5 чел.;

⁶ Под типичными компонентами понимаются компоненты ССП, выделяющиеся у всех участников исследования и предположительно связанные с конкретным поведением (решением задачи).



4. изначально решали неслучайным образом и усовершенствовали навык – 2 чел.

Под решением изначально на случайном/неслучайном уровне подразумевается достоверное отличие (или его отсутствие) показателя результативности d' в начале решения задачи от нуля: если d' участника исследования в начале решения задачи не отличается достоверно от нуля, то принимается, что данный участник решает задачу случайным образом (не может различить предъявляемые сигналы) и данный навык у него не сформирован. Если в течение эксперимента участник переходит порог достоверного отличия d' от нуля (начинает решать задачу неслучайным образом), принимается, что он научился различать предъявляемые сигналы (приобрел навык). В случае, когда d' не отличается от нуля на протяжении всего эксперимента, принимается, что участник исследования не различал сигналы и не смог научиться их различать. Если в начале решения d' участника исследования достоверно отличается от нуля, то принимается, что данный участник решает задачу *неслучайным* образом и может различить сигналы (данный или схожий навык в определенной степени представлен в его индивидуальном опыте). Если все последующие значения d' достоверно не отличаются от изначального, то принимается, что данный участник не смог усовершенствовать (улучшить) навык решения задачи. В случае, когда в течение эксперимента участник переходит порог достоверного отличия d' от изначального уровня, принимается, что он начал различать предъявляемые сигналы еще лучше (усовершенствовал этот навык).

Схема и процедура эксперимента

На основе предварительных исследовательских серий (см. Апанович и др., 2022) были подобраны параметры экспериментальной задачи и сконструирована схема эксперимента.

Перед началом эксперимента участник исследования проходил адаптацию (15 мин.) к условиям экспериментального помещения (условия освещения и т. д.), во время которой зачитывалась общая инструкция и заполнялись протоколы и анкеты. Эксперимент состоял из 3 задач, которые решались за компьютером, расстояние от монитора которого до глаз участника составляло 50–60 см.

Первая задача была следующей: при появлении вертикальных или горизонтальных линий светло-серого цвета на черном фоне участнику исследования необходимо нажать на клавиатуре на левую «←» или правую «→» клавишу, соответствующую предъявленному сигналу. Клавиши нажимались указательным и безымянным пальцами ведущей руки. Данная задача использовалась для проверки скорости нажатия клавиш указательным и безымянным пальцами и занимала примерно 4 минуты. Задача выступала как контрольная для дальнейшего анализа динамики времени ответа и в данной работе не анализируется.

После прохождения первой задачи экспериментаторы приступали к установке электродов для записи ЭЭГ.

Следующая (вторая) задача была направлена на минимизацию побочного влияния описанного в рамках психофизики феномена «сенсибилизации»⁷ на основную (третью) экспериментальную задачу. Задача необходима для разграничения феноменологии «сенсибилизации» и феноменологии научения (разработку и обоснование задачи см. в Апанович и др., 2022). Она

⁷ Под «сенсибилизацией» понимается процесс «врабатывания» в задачу, возникающий вследствие смены формы поведения. Проявляется в виде изменения различительной способности (показателей «чувствительности») человека (Величковский, Зинченко, Лурия, 1973).



представляла 1 серию в 150 проб (примерно 10 минут). Участнику исследования было необходимо различать по методике «Да-нет» предъявляемые сигналы по их форме и размеру. На черном экране последовательно и попарно предъявлялись два прямоугольника, первый из них – эталон (3×3 см), второй либо соответствовал эталону, либо имел размеры $3 \times 3,3$ см. Если второй прямоугольник отличался от эталона, было необходимо нажать клавишу «→», если был равен эталону – клавишу «←». Все параметры задачи, кроме количества проб и оцениваемого параметра, полностью совпадали с основной (третьей) экспериментальной задачей.

Далее участнику исследования давался перерыв в 1–2 мин., во время которого было необходимо сидеть с закрытыми глазами. Третья (основная) задача представляла 10 серий по 50 проб (занимала в сумме примерно 40 мин.). Участнику исследования необходимо было различать по методике «Да-нет» сигналы по длительности их предъявления. Между сериями был перерыв (1 мин.), во время которого участник исследования сидел с закрытыми глазами. Количество серий и проб ему не сообщалось.

Описание одной пробы основной экспериментальной задачи

Предъявление проходило с помощью специальной программы Visual Yes-No test (автор программы – С.А. Карпов). Задача представляла собой последовательность нескольких одинаковых проб. На черном экране (Samsung SyncMaster 2243bw с частотой обновления 60 Гц) на 200 мс предъявлялся белый крест размером 1×1 см, обозначающий начало пробы (сигнал «Внимание»). Через 350 мс после него на 400 мс предъявлялся эталонный сигнал – белый квадрат (3×3 см). Далее через 350 мс предъявлялся оцениваемый сигнал (такой же квадрат 3×3 см), который либо равен эталону (предъявляется 400 мс), либо предъявлялся дольше на 66 или 92 мс (в зависимости от сложности задачи, обоснование значений см. Апанович и др., 2022). Во второй задаче длительность предъявления оцениваемого была всегда одинаковой – 400 мс, но отличалась его размер ($3 \times 3,3$ см). По окончании сигнала участник исследования отвечал: если сигналы, по его мнению, отличались (сигнальная пробы) – нажимал на клавиатуре клавишу «→»; если сигналы были одинаковыми (пустая пробы) – клавишу «←». После ответа через 300 мс давалась обратная связь: «+1» в случае правильного ответа, «-1» – неправильного. Все сигналы были одного цвета (значения по RGB: 183/183/183). Схематичное описание см. на рис. 1.

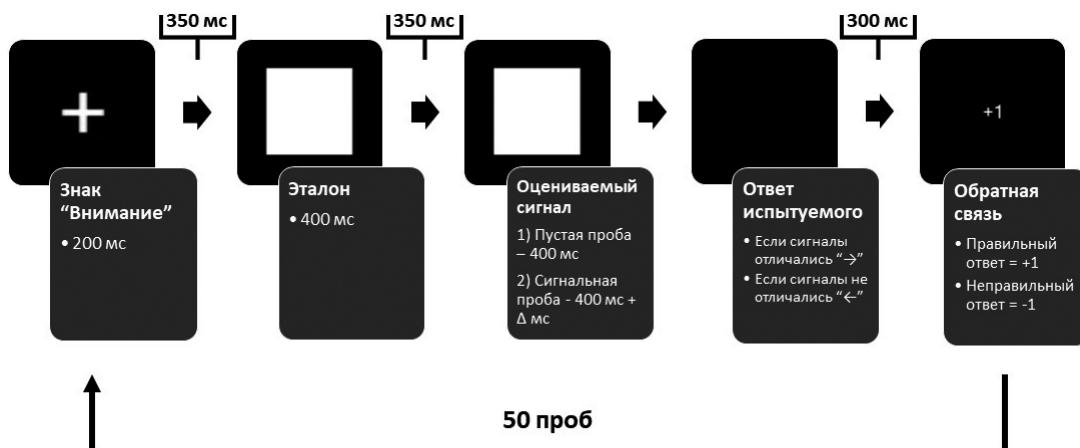


Рис. 1. Описание одной пробы (Апанович и др., 2022)

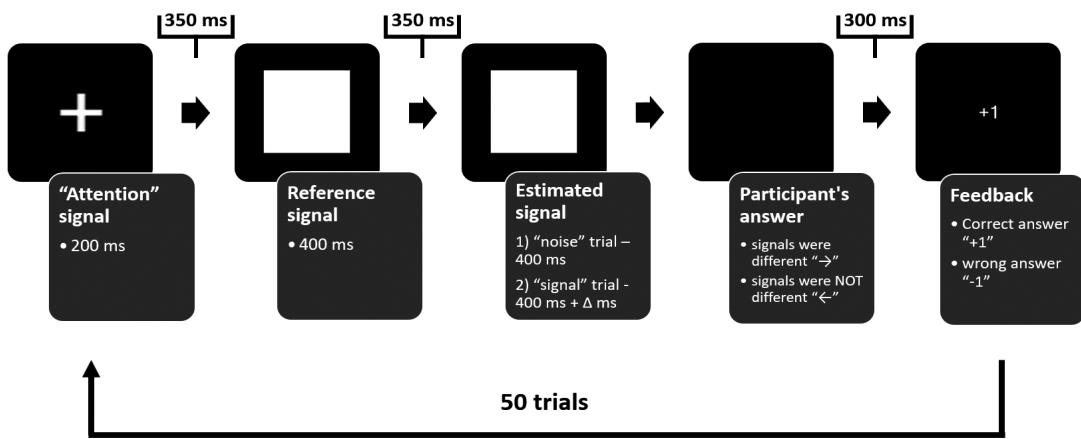


Fig. 1. The performance task's scheme

Метод регистрации ЭЭГ

Запись производилась неполяризующимися хлорсеребряными электродами монополярно в 19 отведениях: Fp1, Fp2, F7, F8, F3, Fz, F4, T3, T4, T5, T6, C3, Cz, C4, P3, Pz, P4, O1, O2. Электроды размещались по международной системе 10-20. Два индифферентных электрода помещали на сосцевидных отростках за ушами, два электрода ЭОГ для отслеживания глазодвигательных артефактов размещали на расстоянии 1 см от внешнего угла правого глаза по оси глазной щели и в середине контура нижнего века левого глаза. Контактное сопротивление не превышало 10 кОм. Частота дискретизации – 250 Гц, ФВЧ – 70 Гц, ФНЧ – 0,1 Гц, режекторный фильтр на частоте 50 Гц. Модель электроэнцефалограф-регистратора: «Энцефалан-ЭЭГР-19/26».

Режекция технических и биологических артефактов проводилась вручную с помощью программы EEGAnalyzer (автор программы – С.А. Карпов). После удаления артефактов у каждого участника исследования осталось не менее 250 проб из 500 (не менее 50%) в целом и не менее 15 проб из 50 (не менее 30%) в каждом окне усреднения, в противном случае участник исследования исключался из выборки.

По результатам качественного анализа из обработки были исключены отведения Fp1, Fp2, F7, F8, T3, T4, T5, T6 из-за их подверженности влиянию электроактивности глазодвигательных и лицевых мышц и других артефактов.

Выделение пространственных кластеров отведений

На предыдущем этапе реализации проекта была проведена процедура кластерного анализа отведений. Использовался иерархический агломеративный кластерный анализ по методу Уорда (Ward's method). Выделено два пространственных кластера с высокой воспроизводимостью между участниками исследования (96,8% совпадений). Полученные пространственные кластеры можно определить относительно расположения отведений на черепе как фронтально-центральные (далее: F-C): F3; Fz; F4; C3; Cz; C4 – и париетально-окципитальные (далее: P-O): P3; Pz; P4; O1; O2.

Сопоставление амплитудно-временных характеристик выделенных в настоящей работе компонентов ССП проводилось по данным пространственным кластерам.

Обоснование и подробные результаты кластеризации отведений рассмотрены в другой нашей работе (Гладилин и др., 2025).



Метод и эпоха усреднения компонентов ССП

Компоненты ССП усреднялись окнами по 50 проб с шагом в 1 пробу (рис. 2) с помощью программы MultipleErpCreator (автор программы – С.А. Карпов). Данный метод усреднения был выбран для возможности напрямую отталкиваться от поведенческих результатов с высокой степенью дробности анализа и максимальной динамикой рассмотрения (Юдаков и др., 2023, с. 52), что будет необходимо при дальнейшем сопоставлении динамики амплитудно-временных характеристик с динамикой результативности. Также такой метод анализа необходим для оценки стабильности компонентов на протяжении всей экспериментальной процедуры.

Интервалы в 50 проб с шагом в 1 пробу



Intervals of 50 trials in 1-trial increments

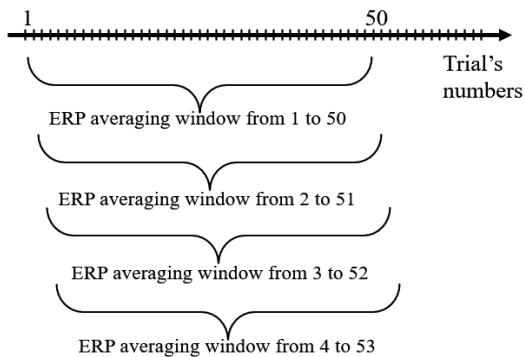


Рис. 2. Метод усреднения компонентов ССП

Fig. 2. Method of averaging ERP components

Потенциалы усреднялись относительно точки начала предъявления оцениваемого сигнала по следующей эпохе (интервал А–В на рис. 3): за 350 мс до и через 600 мс после начала предъявления сигнала (усреднение по данной эпохе использовалось в качестве эпохи Baseline), т. е. с момента начала паузы после эталонного сигнала до окончания предъявления оцениваемого сигнала с небольшим запасом (усреднялись все пробы без исключения). В анализ вошли все пробы основной экспериментальной задачи, в которых не было обнаружено артефактов в выделенной эпохе.

Выделение компонентов ССП

Компоненты выделялись с помощью специально написанной программы MultipleErpVizualizer (автор программы – Карпов С.А.) с визуализацией методом тепловых карт (Delorme et al., 2015). Компоненты выделялись по пиковым значениям автоматически по заданным параметрам: границы латентного периода, максимально допустимая разница латентного периода пика между соседними окнами усреднения (пример см. на рис. 4). Под стабильными понимаются компоненты, которые выделяются на протяжении всей экспериментальной процедуры (на рис. 4 розовым цветом обозначены примеры нестабильных компонентов (выделяются только в короткие периоды решения задачи), которые не вошли в анализ, а фиолетовым цветом – примеры стабильных).

Статистические методы обработки

Программное обеспечение для статистической обработки – StatSoft Statistica 12. Иллюстрации и таблицы подготовлены с помощью MS Excel.

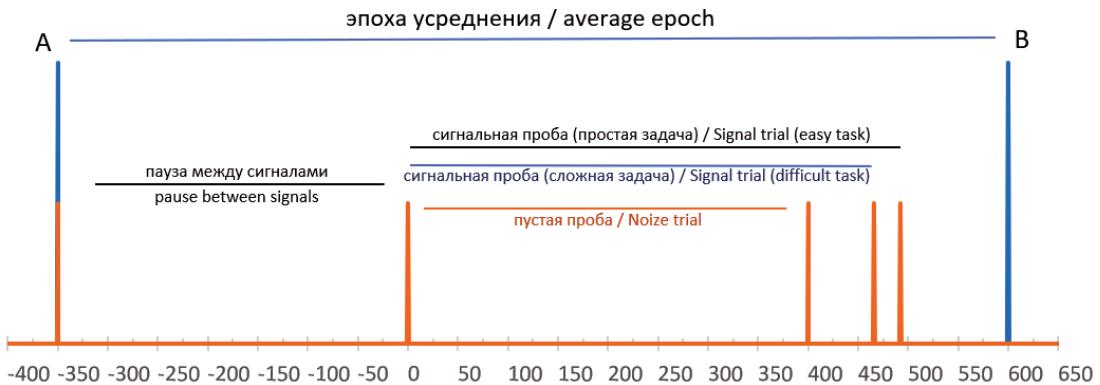


Рис. 3. Эпоха анализа компонентов ССП: по оси X — время от начала предъявления оцениваемого сигнала в мс (отрицательные значения — до предъявления сигнала)

Fig. 3. The epoch of analyses (average) of ERP components: on the X-axis — the time from the beginning of presentation of the estimated signal in ms (negative values — before the presentation of the signal)

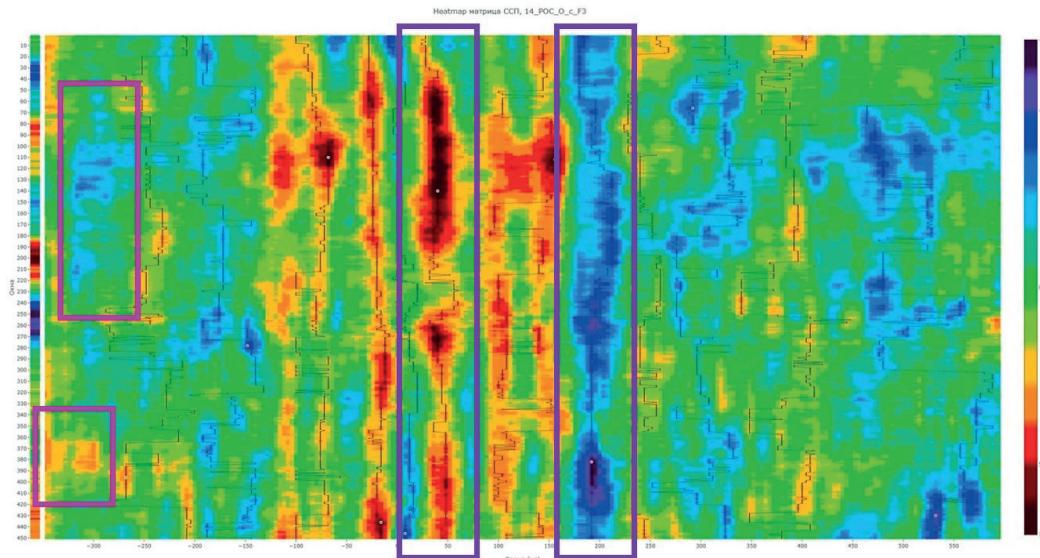


Рис. 4. Пример выделения компонентов ССП методом тепловых карт, участник исследования № 14, отведение F3: По оси у — окна усреднения от 1 до 451 сверху вниз, по оси x — латентный период в мс. Цветом обозначена амплитуда в мкВ: синий цвет — отрицательные значения; красный цвет — положительные. Черными тонкими линиями указаны выделенные компоненты. Розовым цветом обозначены примеры нестабильных компонентов, фиолетовым — примеры стабильных

Fig. 4. Example of ERP components identification using the heat map method, study participant No. 14, lead F3: y-axis — averaging windows from 1 to 451 from top to bottom, x-axis — latent period in ms. Colour indicates amplitude in μ V: blue — negative values; red — positive values. Black thin lines indicate selected components. Pink colour indicates examples of unstable components, violet — examples of stable components

Сравнение амплитудно-временных характеристик компонентов проводилось по критерию Манна-Уитни для каждого компонента отдельно по усредненным (принцип усреднения см. ниже) данным между пространственными кластерами F-C и P-O.



Сравнение амплитудно-временных характеристик компонентов в разных группах проводилось по критерию Манна-Уитни по усредненным данным (принцип усреднения см. ниже).

Результаты

Выделенные компоненты ССП

На разных отведенииах у разных участников исследования было выделено от 11 до 23 стабильных «первичных» компонентов (в среднем – 16,5). После их классификации было определено 29 стабильных компонентов ССП с различной частотой встречаемости по всем отведениям и участникам исследования. Из них был выделен ряд типичных компонентов ССП (всего 9 пиков) на основе следующих критериев: значение частоты встречаемости не менее 0,70; значение амплитуды от предыдущего пика не менее 3 мкВ; два позитивных или негативных компонента не могут идти подряд друг за другом с малым различием в латентном периоде между ними (иначе они интерпретировались как пики одного компонента). Амплитудно-временные характеристики и частота встречаемости пиков, представленных в большинстве отведений и у большинства участников исследования, приведены в табл. 1.

Таблица 1 / Table 1

Описательная статистика амплитудно-временных характеристик компонентов ССП и их частота встречаемости
Descriptive statistics of time-amplitude characteristics of ERP components and their frequency of occurrence

№ пика / Peak's number	Латентные периоды в мс / latent period in ms				Амплитуды пиков в мкВ / amplitude in μ V				ЧВ / FO
	M(x)	Min	Max	Sd	M(x)	Min	Max	AmpPtP	
1	-258	-280	-237	16,95	-2,13	-2,73	-1,51	-3,75	0,76
2	-99	-114	-89	7,95	1,83	1,14	2,56	4,31	0,89
3	-56	-73	-38	9,20	-1,65	-3,07	-0,56	-3,48	0,79
4	-16	-38	-4	12,69	1,78	0,75	2,64	3,43	0,79
5	23	-1	40	13,33	-2,03	-3,72	-1,23	-3,82	0,74
6	154	118	183	22,31	2,73	1,13	6,63	4,69	0,86
7	204	184	228	16,47	-3,06	-3,71	-2,26	-5,79	0,91
8	260	244	273	11,76	3,21	2,23	4,40	6,27	0,99
9	314	286	331	16,93	-1,87	-2,30	-1,39	-5,08	0,86

Примечание: AmpPtP – амплитуда от предыдущего пика. ЧВ – частота встречаемости. Градиент в столбцах с амплитудными характеристиками: красный – высокое положительное значение; синий – высокое отрицательное значение. Для каждого компонента по отдельности значения амплитуды и латентного периода пика усреднены сначала по всем окнам для каждого участника исследования для каждого отведения, далее для каждого отведения были усреднены данные всех участников, в конце были усреднены все отведения для каждого компонента.

Note: AmpPtP – amplitude from the previous peak. FO – frequency of occurrence. Gradient in columns with amplitude characteristics: red – high positive value; blue – high negative value. Peak amplitude and latent period values were averaged first over all windows for each study participant for each lead, then all participants were averaged for each lead, and finally all leads were averaged for each separately component.



Общая конфигурация вышеприведенных типичных компонентов ССП, представленная в виде модельного⁸ потенциала, построенного по усредненным амплитудно-временным характеристикам, приведена на рис. 5.

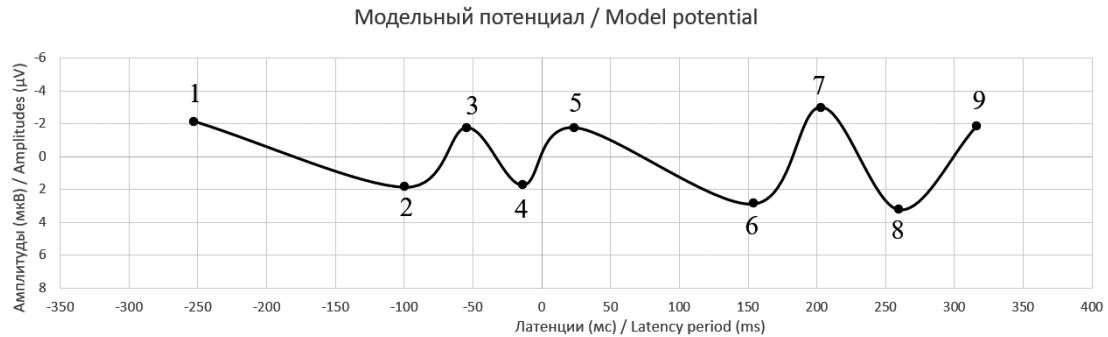


Рис. 5. Модельный потенциал выделенных компонентов ССП:

по оси у — амплитуда в мкВ; по оси х — латентный период в мс

Fig. 5. Model potential of the identified ERP components: on the y-axis — amplitude in μ V;
on the x-axis — latent period in ms

В качестве примера и иллюстрации можно привести компоненты, выделенные у участника исследования № 6 на рис. 6, амплитудно-временные характеристики компонентов могут отличаться от приведенных в форме смоделированного потенциала ввиду индивидуальной вариативности.

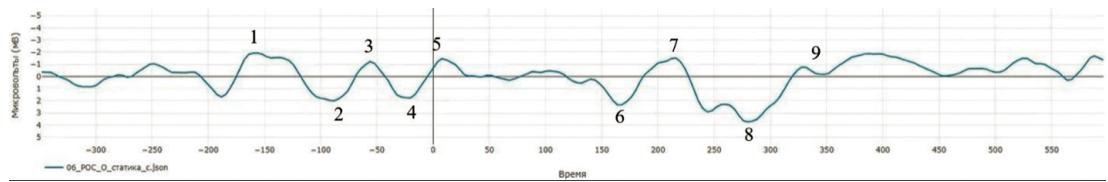


Рис. 6. Типичные компоненты ССП, участник исследования № 6, усреднение всех проб,
отведение P4: по оси у — амплитуда в мкВ; по оси х — латентный период в мс

Fig. 6. Typical ERP components, study participant № 6, averaging all samples, P4 lead: y-axis —
amplitude in μ V; x-axis — latent period in ms

Сравнение амплитудно-временных характеристик компонентов по пространственным кластерам

Сравнение проводилось для каждого выделенного компонента отдельно по усредненным значениям амплитуды и латентного периода компонентов. Усреднение амплитудно-временных характеристик каждого компонента проходило в следующем порядке:

1) Для каждого участника исследования по каждому отведению было проведено усреднение значений амплитуды и латентного периода компонента по всем окнам усреднения.

2) Для каждого из 11 отведений были усреднены значения амплитудно-временных характеристик каждого компонента по всем участникам исследования и отдельным группам.

⁸ Здесь и далее метод моделирования потенциала используется только для увеличения наглядности. Данные были получены традиционным методом усреднения компонентов ССП.



Таким образом, для каждого из 9 компонентов было получено:

- 11 значений амплитуды и 11 значений латентного периода (по одному на каждое отведение, вошедшее в анализ), усредненных по всем окнам и всем участникам исследования;
- для каждой группы отдельно 11 значений амплитуды и 11 значений латентного периода (по одному на каждое отведение, вошедшее в анализ), усредненных по всем окнам и всем участникам исследования, вошедшим в соответствующую группу (итого по 44 значения амплитуды и 44 значения латентного периода для 4 групп соответственно).

Для каждого компонента по критерию Манна-Уитни сравнивались его амплитудно-временные характеристики на отведениях, вошедших в разные пространственные кластеры (F-C и P-O)⁹, по всей выборке и по каждой группе отдельно.

При сопоставлении по всей выборке получены следующие различия:

- Амплитуды компонентов №№ 1, 3, 5, 6, 8 достоверно ($p \leq 0,05$) выше на отведениях кластера P-O; на отведениях кластера F-C достоверно ($p \leq 0,05$) выше амплитуды компонентов №№ 2, 9, и на уровне тенденции ($p \leq 0,1$) выше амплитуда у компонента № 10.
- Значения латентного периода для компонентов №№ 6, 7, 8, 9 достоверно ($p \leq 0,05$) выше для кластера P-O. Данные компоненты выделяются позже от начала предъявления сигнала на отведениях кластера P-O.

Значения уровней значимости приведены в табл. 2. Иллюстрация полученных различий в виде сопоставления двух потенциалов, смоделированных по усредненным данным, представлена на рис. 7.

Таблица 2 / Table 2

Значения уровня значимости при сравнении амплитудно-временных характеристик компонентов на отведениях, вошедших в разные пространственные кластеры
p-level values when comparing time-amplitude characteristics of components on leads included in different clusters

№ пика / No. of peak	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Амплитуды / Amplitude	<i>p-lvl</i> 0,004	0,009	0,004	0,052	0,004	0,004	0,009	0,004	
	кластер/ cluster	P-O	F-C	P-O	F-C	P-O	P-O	F-C	P-O
Лат. период / Latent period	<i>p-lvl</i> 0,004								
	кластер/ cluster						P-O	P-O	P-O

Примечание: голубым цветом отмечены негативные компоненты, красным — позитивные. Полужирным — достоверные различия ($p \leq 0,05$); курсивом — различия на уровне тенденции ($p \leq 0,1$); в строке «кластер» обозначен пространственный кластер (F-C или P-O), в котором значения достоверно выше.

Note: Blue color — negative components, red — positive components. Bold — significant differences ($p \leq 0,05$); italics — differences at the level of trend ($p \leq 0,1$); the line ‘cluster’ indicates the spatial cluster (F-C or P-O) in which the values are significantly higher.

Большинство различий сохраняется и внутри групп, за исключением отдельных характеристик некоторых компонентов. Иллюстрацию см. на рис. 8 и табл. 3.

⁹ Про выделение пространственных кластеров см. в разделе «Методика» и подробнее — в (Гладилин и др., 2025).

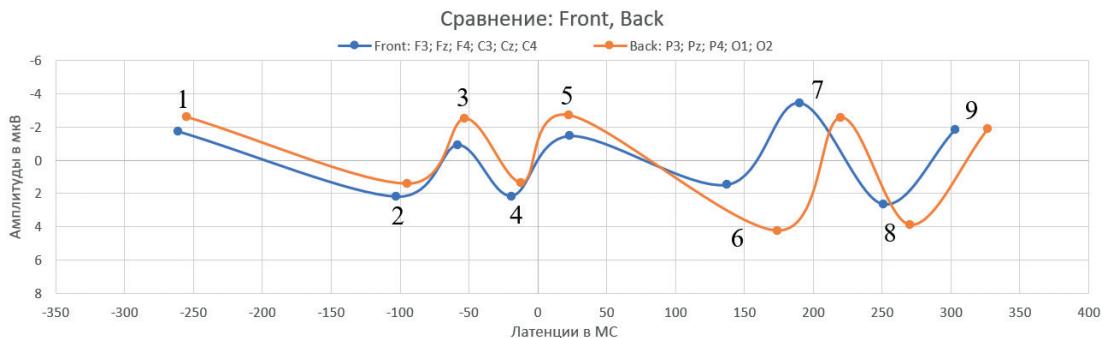


Рис. 7. Иллюстрация различий пространственных кластеров F-C и P-O на усредненных данных по всей выборке N = 17: По оси у — амплитуда в мкВ; по оси х — латентный период в мс. Потенциал синего цвета построен по усреднению отведений кластера F-C. Потенциал оранжевого цвета построен по усреднению отведений кластера P-O

Fig. 7. Illustration of the differences between clusters F-C and P-O on averaged data for the whole sample N = 17: y-axis — amplitude in μ V; x-axis — latent period in ms. The blue potential was constructed by averaging the leads of the F-C cluster. The orange potential is based on the averaging of P-O cluster leads

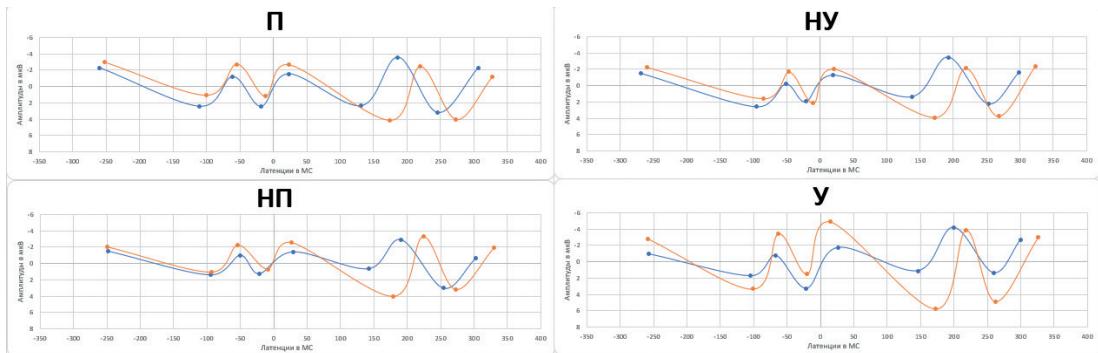


Рис. 8. Иллюстрация различий пространственных кластеров F-C и P-O на усредненных данных внутри групп: по оси у — амплитуда в мкВ; по оси х — латентный период в мс. **Π** — приобрели навык; **НΠ** — не приобрели навык; **НУ** — не усовершенствовали навык; **У** — усовершенствовали навык. Потенциал синего цвета построен по усреднению отведений кластера F-C.

Потенциал оранжевого цвета построен по усреднению отведений кластера P-O

Fig. 8. Illustration of the differences of F-C and P-O spatial clusters on averaged data within groups: on the y-axis — amplitude in μ V; on the x-axis — latent period in ms. **Π** — acquired the skill; **НΠ** — did not acquire the skill; **НУ** — did not improve the skill; **У** — improved the skill. The blue potential was constructed by averaging the leads of the F-C cluster. The orange potential is constructed by averaging the leads of the P-O cluster

Неустойчивость отдельных различий внутри некоторых групп нами объясняется их малым объемом. В частности, группы *не* приобрели навык ($N = 3$) и усовершенствовали навык ($N = 2$).

Сравнение амплитудно-временных характеристик компонентов в разных группах

Сравнение проводилось для каждого выделенного компонента отдельно по усредненным значениям амплитуды и латентного периода компонентов. Усреднение амплитудно-временных характеристик каждого компонента проходило в следующем порядке:



Таблица 3 / Table 3

**Усредненные амплитудно-временные характеристики компонентов
по пространственным кластерам F-C и P-O по общим данным и по группам**
**Averaged time-amplitude characteristics of components by F-C and P-O clusters
for the whole sample (N=17) and by groups**

Амплитуды / Amplitudes		1	2	3	4	5	6	7	8	9
F-C	Общее N=17	-1,74	2,20	-0,93	2,16	-1,46	1,48	-3,45	2,65	-1,86
	П	-2,28	2,44	-1,20	2,46	-1,53	2,37	-3,56	3,21	-2,28
	НП	-1,49	1,40	-1,00	1,26	-1,40	0,65	-2,89	3,02	-0,63
	НУ	-1,50	2,56	-0,20	1,95	-1,28	1,35	-3,47	2,20	-1,62
	У	-0,95	1,74	-0,78	3,28	-1,74	1,11	-4,22	1,37	-2,73
P-O	Общее N=17	-2,61	1,40	-2,51	1,34	-2,72	4,23	-2,58	3,88	-1,88
	П	-2,98	1,06	-2,73	1,18	-2,66	4,11	-2,45	4,01	-1,17
	НП	-2,05	1,06	-2,27	0,70	-2,58	4,05	-3,31	3,20	-1,92
	НУ	-2,28	1,58	-1,71	2,14	-2,05	3,89	-2,16	3,74	-2,42
	У	-2,84	3,32	-3,46	1,49	-4,89	5,75	-3,90	4,85	-2,97
Латентные перио- ды / Latent period		1	2	3	4	5	6	7	8	9
F-C	Общее N=17	-261	-103	-58	-19	23	137	190	251	303
	П	-260	-110	-61	-19	23	131	186	246	306
	НП	-248	-95	-50	-22	30	142	191	254	303
	НУ	-268	-95	-51	-21	19	138	193	253	299
	У	-257	-105	-68	-21	26	146	199	259	300
P-O	Общее N=17	-255	-95	-53	-12	22	174	220	270	327
	П	-252	-101	-54	-12	24	174	220	273	327
	НП	-249	-93	-54	-9	27	180	224	273	330
	НУ	-260	-84	-46	-10	21	172	219	268	324
	У	-259	-101	-63	-20	15	172	219	262	326

Примечание: значения амплитуд указаны в мкВ; латентных периодов — в мс. Зеленым цветом выделены достоверно большие значения ($p \leq 0,05$). Желтым цветом выделены значения большие на уровне тенденции ($p \leq 0,1$). Обозначения: П — приобрели навык; НП — не приобрели навык; НУ — не усовершенствовали навык; У — усовершенствовали навык.

Note: amplitude values — μ V; latent periods — ms. Values with significantly higher values ($p \leq 0.05$) are highlighted in green. Yellow colour indicates values higher at the trend level ($p \leq 0.1$). Denotations: П — acquired the skill; НП — did not acquire the skill; НУ — did not improve the skill; У — improved the skill.

1) Для каждого участника исследования по каждому отведению было проведено усреднение значений амплитуды и латентного периода компонента по всем окнам усреднения.

2) Далее для каждого участника исследования были усреднены значения амплитудно-временных характеристик компонента по всем 11 отведениям.

Разделение по пространственным кластерам не проводилось, поскольку в предыдущем разделе были показана универсальность полученной конфигурации компонентов на разных пространственных кластерах и сохранность различий между кластерами во всех группах.

Таким образом, для каждого из 9 компонентов было получено 17 значений амплитуды и 17 значений латентного периода — по одному на каждого участника исследования.



По критерию Краскела-Уоллиса сравнивались латентные периоды и амплитуды отдельно каждого компонента у участников исследования, вошедших в разные группы:

1. **не приобрели навык** ($N = 3$);
2. **приобрели навык** ($N = 7$);
3. **не усовершенствовали навык** ($N = 5$);
4. **усовершенствовали навык** ($N = 2$).

Также дополнительно по критерию Манна-Уитни попарно сравнивались следующие группы:

- 1-я группа (**не приобрели навык**) и 2-я группа (**приобрели навык**);
- 2-я группа (**приобрели навык**) и 4-я группа (**усовершенствовали навык**);
- 1-я группа (**не приобрели навык**) и 3-я группа (**не усовершенствовали навык**);
- 3-я группа (**не усовершенствовали навык**) и 4-я группа (**усовершенствовали навык**).

По критерию Краскела-Уоллиса достоверных различий между амплитудно-временными характеристиками компонентов обнаружено не было.

При сравнении по критерию Манна-Уитни достоверных различий также обнаружено не было, однако были получены следующие различия на уровне тенденции ($p \leq 0,1$):

- амплитуда компонента № 4 ($p = 0,07$) между группами **не приобрели навык** и **не усовершенствовали навык**;
- амплитуда компонента № 9 ($p = 0,055$) между группами **приобрели навык** и **усовершенствовали навык**;
- латентный период компонента № 3 ($p = 0,095$) и амплитуда компонента № 9 ($p = 0,095$) между группами **не усовершенствовали навык** и **усовершенствовали навык**.

Иллюстрация сравнения в виде четырех потенциалов, смоделированных по усредненным данным, представлена на рис. 9.

Предполагается, что обнаруженные различия можно принять за квазислучайные ввиду малого объема отдельных групп: **не приобрели навык** ($N = 3$) и **усовершенствовали навык** ($N = 2$).

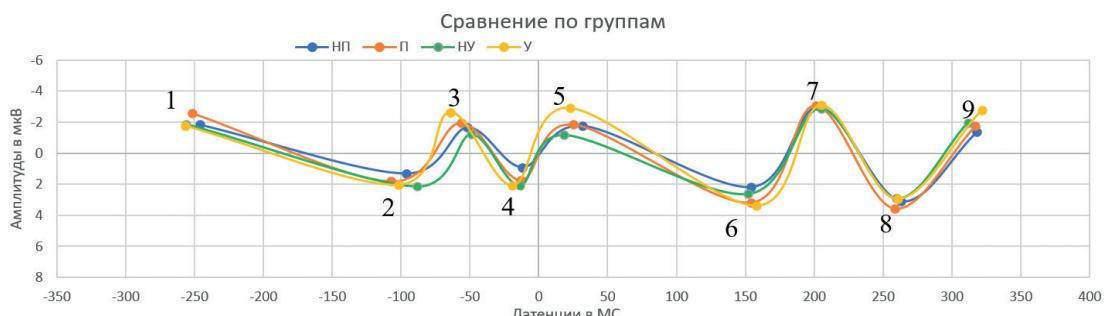


Рис. 9. Иллюстрация различий амплитудно-временных характеристик компонентов между группами: по оси у — амплитуда в мкВ; по оси х — латентный период в мс. Обозначения: **НП** (синий график) — не приобрели навык; **П** (оранжевый график) — приобрели навык; **НУ** (зеленый график) — не усовершенствовали навык; **У** (желтый график) — усовершенствовали навык

Fig. 9. Illustration of differences in time-amplitude characteristics of components between groups: on the y-axis — amplitude in μ V; on the x-axis — latent period in ms. Designations: **НП** (blue graph) — did not acquire the skill; **П** (orange graph) — acquired the skill; **НУ** (green graph) — did not improve the skill; **У** (yellow graph) — improved the skill



Обсуждение результатов

По итогам проведенного исследования были выделены стабильные и типичные компоненты, проявляющиеся в эпоху предъявления оцениваемого сигнала, которые формируют устойчивую конфигурацию на всех отведениях у всех участников исследования.

Возможная интерпретация выделенных компонентов

Закономерным кажется сопоставление выделенных компонентов с вызванными потенциалами (ВП): N100, P150, N220, P300, традиционно интерпретируемыми как вызванный ответ мозга в ответ на выключение зрительного стимула (Сысоева, Вартанов, 2004, с. 104). Сопоставимым можно назвать выделенный пик № 1 (негативный компонент с латентным периодом 97 мс от окончания предъявления эталонного сигнала) с традиционным N100, однако дальнейшая конфигурация компонентов сильно отличается от феноменологии ВП, что трудно объяснить на данном этапе исследования. В пользу аргумента об отличии от традиционной феноменологии ВП выступает устойчивость выделенной конфигурации на всех отведениях, в то время как отдельные компоненты ВП связывают с определенными структурами головного мозга.

Выделенный пик № 7 (негативный компонент с латентным периодом 203 мс от начала предъявления оцениваемого сигнала) по латентному периоду можно сопоставить с компонентами N2b и N2c. Оба компонента выделяются совместно с P300: N2b на фронтально-центральных отведениях (Patel, Azzam, 2005), а N2c – в затылочной коре (Folstein, Van Petten, 2008). Ввиду отсутствия в выделенной конфигурации аналога P300 и устойчивости конфигурации на всех отведениях, можно заключить о несопоставимости выделенного пика № 7 с N2b и N2c.

Некоторые авторы (например, Нечаев и др., 2000; Berti, Schroger, 2001) выделяют зрительный аналог негативности рассогласования (MMN), проявляющийся в виде плавной негативации N300 после появления «девиантного стимула», за которой следует волна P450. Компонент N300 сопоставим по латентному периоду с выделенным негативным пиком № 9 (негативный компонент с латентным периодом 316 мс от начала предъявления оцениваемого сигнала), однако не соотносим с ним, поскольку зрительный аналог MMN проявляется в виде плавной негативной волны с последующим пиком P450, чего не наблюдается в выделенной нами конфигурации. Дополнительно стоит отметить, что выделение компонентов MMN, N2b и N2c происходит при использовании дизайна исследования oddball paradigm (предъявление множества одинаковых сигналов и одного сильно отличающегося по оцениваемому параметру – «девиантного стимула») после предъявления «девиантного стимула». В настоящем исследовании сигналы сравнивались попарно и в экспериментальной процедуре отсутствовало предъявление «девиантного стимула».

Исходя из литературы также можно было бы предполагать возможность выделения во время паузы между сигналами условной негативной волны (УНВ), связываемой с подготовкой к предъявлению сигнала (Walter, 1964) и с оценкой времени (Macar, Vidal, 2004; Kononowicz, Van Rijn, 2011). Однако схожий с УНВ потенциал не выделен ни на одном отведении, ни у одного участника исследования. В качестве объяснения отсутствия потенциалов, схожих с УНВ, можно предположить, что 350 мс, которые длилась пауза между сигналами, возможно, является слишком малым интервалом для развертки УНВ (Kononowicz, Van Rijn, 2011).



Таким образом, можно сделать заключение о несопоставимости выделенной конфигурации компонентов ССП с традиционными компонентами ВП и ССП, что объясняется серьезным отличием выбранной нами методики от процедуры выделения традиционных компонентов: в настоящем исследовании используется задача, обуславливающая другой поведенческий континуум по сравнению с задачами, в которых выделяются традиционные компоненты ВП и ССП.

Стоит отметить, что в работах других исследователей выделяется почти схожая конфигурация компонентов. H. Gibbons использовал схожую задачу с различением длительности сигналов (Gibbons, 2022): в отличии от методики настоящего исследования сигналы предъявлялись в слуховой модальности, их длительность варьировалась от 250 до 550 мс в одной серии и от 150 до 450 мс в другой серии, и в одной из задач сигналы отличались не только своей длительностью, но и высотой звука. H. Gibbons выделил почти схожую конфигурацию компонентов: в эпоху предъявления сигнала выделяются компоненты с большей амплитудой (более 10 мкВ), но сопоставимые по латентному периоду и полярности с пиками №№ 6, 7, 8, 9, описанными в настоящей работе (эпохи, в которых нами выделены другие компоненты, H. Gibbons не рассматривал). Несмотря на отличие в значениях амплитуды, выделенный нами паттерн своей конфигурацией совпадает с описанным в работе H. Gibbons.

Интерпретация с позиций системно-эволюционного подхода

Сравнение отведений, вошедших в разные пространственные кластеры, показало устойчивые для всех групп различия амплитудно-временных характеристик отдельных компонентов. При этом отсутствуют какие-либо тренды или общие закономерности (например, позитивные компоненты более амплитудные на тех или иных отведениях). На данном этапе исследования сложно объяснить полученные различия между группами отведений, вошедших в разные пространственные кластеры. Потенциально их можно было бы сопоставить с общепринятой в литературе феноменологией компонентов ВП и ССП, однако качественный анализ выделенных в настоящей работе компонентов ССП показал их несопоставимость с традиционными потенциалами. Поэтому на данный момент трудно привести четкую поведенческую интерпретацию отдельных компонентов ССП, выделенных в настоящем исследовании. Для этого необходима обработка других эпох анализа, а также проведение дополнительных контрольных серий и экспериментов. В качестве универсального интерпретационного инструментария для подобного анализа с наших позиций следует использовать представления о том, что компоненты ССП отражают смены наборов актуализируемых систем индивидуального опыта (Гаврилов, 1987; Швырков, 1995).

Выявление устойчивой конфигурации компонентов ССП на всех отведениях позволяет сделать вывод о том, что выделение двух разных пространственных кластеров отведений описывается различиями амплитудно-временных характеристик компонентов, но не их конфигураций. Это говорит в пользу общемозгового характера системных процессов, связанных с компонентами, характерными для решения данной задачи. Этот вывод соотносится как с представлениями СЭП о невозможности выделения конкретных мозговых структур, ответственных за те или иные функции (Швырков, 1995; Александров, 2022), так и с другой критикой мозговой локализации психиче-

ских функций, представленной в современных работах по когнитивной нейронауке (Buzsáki, 2020).

При попарном сравнении групп было получено 4 различия на уровне тенденции, которые принимаются за квазислучайные. Также необходимо отметить, что описанные различия амплитудно-временных характеристик компонентов на разных отведениях сохраняются внутри групп для большинства компонентов.

Несопоставимость описанной нами конфигурации компонентов ССП с традиционными компонентами ВП и ССП, выделение схожего паттерна при использовании других методик (Gibbons, 2022), а также ее устойчивость между разными участниками исследования (и, что принципиально, между разными группами участников) потенциально свидетельствует в пользу специфичности данной конфигурации компонентов (и лежащих в их основе системных процессов) для решения задачи различия коротких интервалов времени.

Выводы

1. Выделенная конфигурация компонентов ССП сохраняется на всех отведениях у всех участников исследования. Несопоставимость выделенной конфигурации с традиционными компонентами ВП и ССП и при этом ее сопоставимость с данными других исследований, в которых использовалась схожая задача, позволяет сделать вывод об относительной специфичности выделенных компонентов ССП для решения задачи различия коротких интервалов времени.

2. Между отведениями компоненты различаются своими амплитудно-временными характеристиками, но не конфигурацией, на основе чего можно сделать вывод об общемозговом характере системных процессов, реализующихся во время решения задачи различия коротких интервалов времени.

3. Набор выделенных компонентов ССП сохраняется неизменным в разных группах, на основе чего можно сделать вывод о связи систем, актуализация которых проявляется в виде выделенных компонентов ССП, с общей структурой поведения, реализуемого в рамках экспериментальной ситуации.

Делается общий вывод, что основная феноменология процессов приобретения и совершенствования навыка и различия между ними может заключаться в динамике данных процессов, отражаемых в характеристиках ССП. Это требует анализа динамики данных характеристик и ее сопоставления с динамикой результативности решения задачи, что станет следующим важным этапом данного исследовательского проекта.

Список источников / References

1. Александров, Ю.И., Горкин, А.Г., Созинов, А.А., Сварник, О.Е., Кузина, Е.А., Гаврилов, В.В. (2014). Нейронное обеспечение научения и памяти. В: Б.М. Величковский, В.В. Рубцов, Д.В. Ушаков (Ред.), *Когнитивные исследования: Сб. научных трудов. Вып. 6* (с. 130–169). М.: Изд-во ГБОУ ВПО МГППУ.
- Aleksandrov, Yu.I., Gorkin, A.G., Sozinov, A.A., Svarnik, O.E., Kuzina, E.A., Gavrilov, V.V. (2014). Neural support for learning and memory. In: B.M. Velichkovskii, V.V. Rubtsov, D.V. Ushakov (Ed.), *Cognitive Research: A Collection of Scientific Papers. Issue 6* (pp. 130–169). Moscow: Publ. GBOU VPO MGPPU. (In Russ.).
2. Александров, Ю.И. (Ред.) (2022). *Психофизиология: Учебник для вузов. 5-е изд.* СПб.: Питер.
- Aleksandrov, Yu.I. (Ed.) (2022). *Psychophysiology: Textbook for universities. 5th ed.* Saint-Petersburg: Piter. (In Russ.).



3. Апанович, В.В., Арамян, Э.А., Гладилин, Д.Л., Юдаков, К.С., Карпов, С.А., Горкин, А.Г., Александров, Ю.И. (2022). Разработка и апробация психофизической методики исследования приобретения и совершенствования навыка. *Экспериментальная психология*, 15(3), 222–238. <https://doi.org/10.17759/exppsy.2022150315>
Apanovich, V.V., Aramyan, E.A., Gladilin, D.L., Yudakov, K.S., Karpov, S.A., Gorkin, A.G., Aleksandrov, Yu.I. (2022). Development and testing of a psychophysical method for studying the acquisition and improvement of skills. *Experimental Psychology (Russia)*, 15(3), 222–238. (In Russ.). <https://doi.org/10.17759/exppsy.2022150315>
4. Апанович, В.В., Юдаков, К.С., Егорова, П.И. (2024). Разработка принципа анализа динамики психофизического показателя d с применением метода «скользящего окна». *Психологический журнал*, 45(5), 65–76. <https://doi.org/10.31857/S0205959224050082>
Apanovich, V.V., Yudakov, K.S., Egorova, P.I. (2024). Development of the Principle of Analyzing the Dynamics of the Psychophysical Indicator d Using the “Moving Average” Method. *Psihologicheskii zhurnal*, 45(5), 65–76. (In Russ.). <https://doi.org/10.31857/S0205959224050082>
5. Величковский, Б.М., Зинченко, В.П., Лурия, А.Р. (1973). *Психология восприятия: учебное пособие*. М.: МГУ.
Velichkovsky, B.M., Zinchenko, V.P., Luria, A.R. (1973). *Psychology of Perception: A Study Guide*. Moscow: MSU. (In Russ.).
6. Гаврилов, В.В. (1987). Соотношение ЭЭГ и импульсной активности нейронов в поведении у кролика. В: *ЭЭГ и нейрональная активность в психофизиологических исследованиях* (с. 33–44). М.: Наука.
Gavrilov, V.V. (1987). The relationship between EEG and neuronal impulse activity in behavior in a rabbit. In: *EEG and neuronal activity in psychophysiological research* (pp. 33–44). Moscow: Nauka. (In Russ.).
7. Гладилин, Д.Л., Апанович, В.В., Арамян, Э.А., Юдаков, К.С., Александров, Ю.И. (2025). Общемозговой характер процесса различения коротких интервалов времени и региональная специфичность. *Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова*, 75(4). (в печати).
Gladilin, D.L., Apanovich, V.V., Aramyan, E.A., Yudakov, K.S., Aleksandrov, Yu.I. (2025). General cerebral nature of the process of distinguishing short time intervals and regional specificity. *Journal of Higher Nervous Activity named after I.P. Pavlov*, 75(4). (in print). (In Russ.).
8. Гусев, А.Н., Измайлов, Ч.А., Михалевская, М.Б. (1998). *Измерение в психологии: общий психологический практикум*. 2-е изд. М.: Смысл.
Gusev, A.N., Izmailov, Ch.A., Mikhalevskaya, M.B. (1998). *Measurement in Psychology: General Psychological Workshop*. 2nd ed. Moscow: Smysl. (In Russ.).
9. Лисенкова, В.П., Шпагонова, Н.Г. (2021). Индивидуальные и возрастные особенности восприятия времени взрослыми людьми. *Психологический журнал*, 42(5), 5–16. <https://doi.org/10.31857/S020595920016017-4>
Lisenkova, V.P., Shpagonova, N.G. (2021). Individual and age-related characteristics of time perception in adults. *Psikhologicheskii zhurnal*, 42(5), 5–16. (In Russ.). <https://doi.org/10.31857/S020595920016017-4>
10. Нечаев, В.Б., Ключарев, В.А., Кропотов, Ю.Д., Пономарев, В.А. (2000). Вызванные потенциалы коры больших полушарий при сравнении зрительных стимулов. *Физиология человека*, 2(26), 17–23.
Nechaev, V.B., Klyucharev, V.A., Kropotov, Yu.D., Ponomarev, V.A. (2000). Evoked potentials of the cerebral cortex during comparison of visual stimuli. *Human Physiology*, 2(26), 17–23. (In Russ.).
11. Сысоева, О.В., Вартанов, А.В. (2004). Отражение длительности стимула в характеристиках вызванного потенциала (часть 1). *Психологический журнал*, 25(1), 101–110.
Sysoeva, O.V., Vartanov, A.V. (2004). Reflection of stimulus duration in evoked potential characteristics (part 1). *Psikhologicheskii zhurnal*, 25(1), 101–110. (In Russ.).
12. Швырков, В.Б. (1995). *Введение в объективную психологию*. М.: Изд-во Института психологии РАН.
Shvyrkov, V.B. (1995). *Introduction to Objective Psychology*. Moscow: Publ. Institut psichologii RAN. (In Russ.).



13. Юдаков, К.С., Апанович, В.В., Арамян, Э.А., Гладилин, Д.Л., Александров, Ю.И. (2023). Отражение формирования навыка различения коротких интервалов времени в параметрах ССП. *Психологический журнал*, 44(6), 48–60. <https://doi.org/10.31857/S020595920029011-8>
14. Berti, S., Schroger, E. (2001). A Comparison of Auditory and Visual Distraction Effects: Behavioral and Event-Related Indices. *Cognitive Brain Research*, 10(3), 265–273. [https://doi.org/10.1016/S0926-6410\(00\)00044-6](https://doi.org/10.1016/S0926-6410(00)00044-6)
15. Buzsáki, G. (2020). The brain-cognitive behavior problem: A retrospective. *eNeuro*, 7(4), 0069-20.2020. <https://doi.org/10.1523/ENEURO.0069-20.2020>
16. Delorme, A., Miyakoshi, M., Jung, T.-P., Makeig, S. (2015). Grand Average ERP-image Plotting and Statistics: A Method for Comparing Variability in Event-related Single-trial EEG Activities Across Subjects and Conditions. *Journal of Neuroscience Methods*, 250, 3–6.
17. Folstein, J.R., Van Petten, C. (2008). Influence of Cognitive Control and Mismatch on the N2 Component of the ERP: a Review. *Psychophysiology*, 45(1), 152–170. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2007.00602.x>
18. Gibbons, H. (2022). Event-related Brain Potentials of Temporal Generalization: the P300 Span Marks the Transition between Time Perception and Time Estimation. *Behavioral Neuroscience*, 136(5), 430–444. <https://doi.org/10.1037/bne0000530>
19. Green, D., Swets, J. (1966). *Signal Detection Theory and Psychophysics*. New York: Wiley.
20. Jongsma, M.L.A., Eichele, T., Van Rijn, C.M., Coenen, A.M.L., Hugdahl, K., Nordby, H., Quiroga, R.Q. (2006). Tracking pattern learning with single-trial event-related potentials. *Clinical Neurophysiology*, 117(9), 1957–1973. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2006.05.012>
21. Kececi, H., Degirmenci, Y., Atakay, S. (2006). Habituation and dishabituation of P300. *Cognitive and behavioral neurology*, 19(3), 130–134. <https://doi.org/10.1097/01.wnn.0000213911.80019.c1>
22. Kononowicz, T.W., Van Rijn, H. (2011). Slow Potentials in Time Estimation: The Role of Temporal Accumulation and Habituation. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 5. <https://doi.org/10.3389/fnint.2011.00048>
23. Macar, F., Vidal, F. (2004). Event-related Potentials as Indices of Time Processing: a Review. *Journal of Psychophysiology*, 18(2/3), 89–104. <https://doi.org/10.1027/0269-8803.18.23.89>
24. Patel, S.H., Azzam, P.N. (2005). Characterization of N200 and P300: Selected Studies of the Event-related Potential. *International Journal of Medical Sciences*, 2(4), 147–154. <https://doi.org/10.7150/ijms.2.147>
25. Rüsseler, J., Hennighausen, E., Münte, T.F., Rösler, F. (2003). Differences in incidental and intentional learning of sensorimotor sequences as revealed by event-related brain potentials. *Cognitive Brain Research*, 15(2), 116–126. [https://doi.org/10.1016/S0926-6410\(02\)00145-3](https://doi.org/10.1016/S0926-6410(02)00145-3)
26. Verleger, R., Gasser, T., Möcks, J. (1985). Short term changes of event related potentials during concept learning. *Biological Psychology*, 20(1), 1–16. [https://doi.org/10.1016/0301-0511\(85\)90036-5](https://doi.org/10.1016/0301-0511(85)90036-5)
27. Walter, W.G. (1964). Slow Potential Waves in the Human Brain Associated with Expectancy, Attention and Decision. *Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten*, 206, 309–322. <https://doi.org/10.1007/BF00341700>

Информация об авторах

Константин Сергеевич Юдаков, аспирант, младший научный сотрудник, Институт психологии Российской академии наук (ФГБУН ИП РАН); преподаватель, факультет психологии, Государственный академический университет гуманитарных наук (ФГБОУ ВО ГАУГН), Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5132-4054>, e-mail: kost05062000@mail.ru



Дмитрий Леонидович Гладилин, аспирант, младший научный сотрудник, Институт психологии Российской академии наук (ФГБУН ИП РАН); лаборант-исследователь, Институт экспериментальной психологии, Московский государственный психолого-педагогический университет (ФГБОУ ВО МГППУ), Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5352-4866>, e-mail: dima.gladilin.psy@gmail.com

Владимир Викторович Апанович, кандидат психологических наук, научный сотрудник, Институт психологии Российской академии наук (ФГБУН ИП РАН); доцент, Государственный академический университет гуманитарных наук (ФГБОУ ВО ГАУГН), Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3407-6049>, e-mail: apanovitschvv@yandex.ru

Эрик Арамович Арамян, аспирант, младший научный сотрудник, Институт психологии Российской академии наук (ФГБУН ИП РАН), Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3562-8378>, e-mail: aramyan.eric@gmail.com

Юрий Иосифович Александров, академик РАО, профессор, доктор психологических наук, заведующий лабораторией, Институт психологии Российской академии наук (ФГБУН ИП РАН); заведующий кафедрой, Государственный академический университет гуманитарных наук (ФГБОУ ВО ГАУГН), Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2644-3016>, e-mail: yuraalexandrov@yandex.ru

Information about the authors

Konstantin S. Yudakov, Postgraduate, Junior Research Fellow, Institute of Psychology of Russian Academy of Sciences; Lecturer, State Academic University for the Humanities, Moscow, Russian Federation, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5132-4054>, e-mail: kost05062000@mail.ru

Dmitry L. Gladilin, Postgraduate, Junior Research Fellow, Institute of Psychology of Russian Academy of Sciences; Laboratory Assistant Researcher, Moscow State University of Psychology and Education, Moscow, Russian Federation, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5352-4866>, e-mail: dima.gladilin.psy@gmail.com

Vladimir V. Apanovich, PhD, Research Fellow, Institute of Psychology of Russian Academy of Sciences; Associate Professor, State Academic University for the Humanities, Moscow, Russian Federation, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3407-6049>, e-mail: apanovitschvv@yandex.ru

Eric A. Aramyan, Postgraduate, Junior Research Fellow, Institute of Psychology of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3562-8378>, e-mail: aramyan.eric@gmail.com

Yuri I. Alexandrov, Professor, Academician of Russian Academy of Education, Doctor of Psychology, Head of the Laboratory, Institute of Psychology of Russian Academy of Sciences; Head of Psychophysiology Department, State Academic University for the Humanities, Moscow, Russian Federation, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2644-3016>, e-mail: yuraalexandrov@yandex.ru

Вклад авторов

Юдаков К.С. — применение статистических, математических и других методов для анализа данных; проведение эксперимента; сбор и обработка данных; аннотирование, написание и оформление рукописи; визуализация результатов исследования.

Гладилин Д.Л. — применение статистических, математических и других методов для анализа данных; проведение эксперимента; сбор и обработка данных.

Апанович В.В. — проведение эксперимента; сбор и обработка данных; редактирование текста рукописи, ответственный за реализацию исследовательской программы.

Арамян Э.А. — проведение эксперимента; сбор и обработка данных.

Александров Ю.И. — контроль за проведением исследования; редактирование текста рукописи.

Все авторы приняли участие в обсуждении результатов и согласовали окончательный текст рукописи.



Contribution of the authors

Konstantin S. Yudakov — application of statistical, mathematical and other methods for data analysis; conducting the experiment; data collection and processing; annotation, writing and design of the manuscript.

Dmitry L. Gladilin — application of statistical, mathematical and other methods for data analysis; conducting the experiment; data collection and processing.

Vladimir V. Apanovich — conducting the experiment; data collection and processing; editing the manuscript; responsible for the implementation of the research program.

Eric A. Aramyan — conducting the experiment; data collection and processing.

Yuri I. Alexandrov — control over the research; editing the manuscript.

All authors participated in the discussion of the results and approved the final text of the manuscript.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила в редакцию 30.08.2024

Received 2024.08.30

Поступила после рецензирования 26.05.2025

Revised 2025.05.26

Принята к публикации 18.06.2025

Accepted 2025.06.18

Опубликована 30.06.2025

Published 2025.06.30