

КОГНИТИВНАЯ ПСИХОЛОГИЯ И ПСИХОФИЗИОЛОГИЯ COGNITIVE PSYCHOLOGY AND PSYCHOPHYSIOLOGY



УДК 159.9

<https://doi.org/10.23947/2658-7165-2025-8-5-53-62>

Оригинальное эмпирическое исследование



XSMFTW

Связь метакогнитивных навыков с когнитивными функциями, субъективным благополучием и полиморфизмом гена APOE у женщин зрелого возраста

Екатерина В. Забелина¹, Елена А. Куба¹, Юлия Ю. Филиппова¹,
Екатерина Г. Денисова², Ирина А. Трушина¹, Дарья С. Сташкевич¹

¹ Челябинский государственный университет, г. Челябинск, Российская Федерация

² Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

✉ keithdenisova@gmail.com

Аннотация

Введение. Метапознание включает знания о собственных когнитивных процессах и механизмы их регулирования, такие как мониторинг и контроль хода принятия решений, и рассматривается как ключевой фактор адаптивного поведения. Особенно важную роль метапознание играет во второй половине жизни, поскольку может выступать одним из ключевых ресурсов компенсации возрастного снижения когнитивных функций. Вместе с тем, существует дефицит исследований, посвященных молекулярно-генетической основе метапознания, а их результаты противоречивы. Данное исследование направлено на частичное восполнение этого пробела.

Цель. Выявить роль метакогнитивных навыков, когнитивных способностей и полиморфизма гена *APOE* в поддержании субъективного благополучия женщин в зрелом возрасте.

Материалы и методы. В исследовании использованы стандартизованные методы оценки когнитивных (MoCA-тест), метакогнитивных характеристик (MCQ-30, опросник метакогнитивных качеств личности), шкала удовлетворенности жизнью Э. Динера, а также метод аллель-специфической ПЦР для генотипирования гена *APOE* (388Т/С и 526С/Т).

Результаты исследования. Несмотря на слабую связь метакогнитивных и когнитивных навыков, подтверждена сильная связь метакогнитивных навыков и субъективного благополучия в этом возрасте. Кроме того, показано, что полиморфизм гена *APOE* связан с риском снижения когнитивных функций (прежде всего, процессов кратковременной и долговременной памяти) и может влиять на уровень субъективного благополучия у женщин зрелого возраста.

Обсуждение результатов. Результаты исследования подчеркивают значимость развития метакогнитивных навыков и работы с метакогнитивными убеждениями в зрелом возрасте. Развитие таких навыков включает формирование разнообразных стратегий планирования, самопроверки и регуляции собственных мыслительных процессов, а также умения гибко применять их в разных жизненных и профессиональных ситуациях. Целенаправленная поддержка и тренинг метакогнитивных навыков могут рассматриваться как один из путей профилактики возрастного когнитивного снижения и поддержания субъективного благополучия. Полученные данные поддерживают гипотезу о метакогнитивных стратегиях и полиморфизме гена *APOE* как маркерах благополучия в зрелом возрасте.

Ключевые слова: метакогнитивные навыки, метакогнитивные убеждения, субъективное благополучие, удовлетворенность жизнью, когнитивные способности, зрелый возраст, ген *APOE*

Для цитирования. Забелина, Е. В., Куба, Е. А., Филиппова, Ю. Ю., Денисова, Е. Г., Трушина, И. А., и Сташкевич, Д. С. (2025). Связь метакогнитивных навыков с когнитивными функциями, субъективным благополучием и полиморфизмом гена APOE у женщин зрелого возраста. *Инновационная наука: психология, педагогика, дефектология*, 8(5), 53–62.
<https://doi.org/10.23947/2658-7165-2025-8-5-53-62>

The Relationship Between Metacognitive Skills and Cognitive Functions, Subjective Well-Being, and APOE Gene Polymorphism in Middle-Aged Women

Ekaterina V. Zabelina¹ , Elena A. Kuba¹ , Yulia Yu. Filippova¹ , Ekaterina G. Denisova² , Irina A. Trushina¹ , Daria S. Stashkevich¹ 

¹ Chelyabinsk State University, Chelyabinsk, Russian Federation

² Donskoy State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

✉ keithdenisova@gmail.com

Abstract

Introduction. Metacognition includes knowledge about one's own cognitive processes and mechanisms for regulating them, such as monitoring and controlling the decision-making process, and is considered a key factor in adaptive behavior. Metacognition plays a particularly important role in the second half of life, as it can be one of the key resources for compensating for age-related decline in cognitive functions. However, there is a lack of research on the molecular genetic basis of metacognition, and the results of existing studies are contradictory. This study aims to partially fill this gap.

Objective. Identify the role of metacognitive skills, cognitive abilities, and the polymorphism of the *APOE* gene in maintaining the subjective well-being of women of middle age.

Materials and Methods. The study used standardized methods to evaluate cognitive (MoCA test) metacognitive characteristics (MCQ-30), the E. Diener's life satisfaction scale, and the allele-specific PCR method to genotype the *APOE* gene (388T/C and 526C/T).

Results. Despite the weak link between metacognitive and cognitive skills, a strong link between metacognitive skills and subjective well-being has been confirmed at this age. In addition, it was shown that *APOE* gene polymorphism is associated with the risk of cognitive decline (primarily short-term and long-term memory processes) and may affect the level of subjective well-being in middle-aged women.

Discussion. The results of the study emphasize the importance of developing metacognitive skills and working with metacognitive beliefs in middle age. The development of such skills includes the formation of various strategies for planning, self-checking, and regulating one's own thought processes, as well as the ability to apply them flexibly in different life and professional situations. Targeted support and training of metacognitive skills can be considered one of the ways to prevent age-related cognitive decline and maintain subjective well-being. The data obtained support the hypothesis of metacognitive strategies and polymorphism of the *APOE* gene as markers of well-being in adulthood.

Keywords: metacognitive skills, metacognitive beliefs, subjective well-being, life satisfaction, cognitive abilities, mature age, *APOE* gene

For Citation. Zabelina, E. V., Kuba, E. A., Filippova, Yu. Yu., Denisova, E. G., Trushina, I. A., & Stashkevich, D. S. (2025). The relationship between metacognitive skills and cognitive functions, subjective well-being, and *APOE* gene polymorphism in mature women. *Innovative Science: psychology, pedagogy, defeciology*, 8(5), 53–62. <https://doi.org/10.23947/2658-7165-2025-8-5-53-62>

Введение. Метакогниции (метапознание) определяются как любое знание или когнитивная деятельность, которая принимает в качестве своего объекта когнитивный процесс или регулирует любой его аспект (Flavell, 1979). Метакогнитивные процессы позволяют направлять и контролировать другие когнитивные процессы, такие как восприятие, принятие решений и память (Metcalfe & Shimamura, 1996). Метапознание является познанием второго порядка (в отличие от когнитивного уровня): это мысли о своих мыслях, знание о собственных знаниях и способность к рефлексии по отношению к собственному опыту (Papaleontiou-Louca, 2003). Как отмечает А. В. Карпов, «метакогнитивные процессы двуедины по своей психологической природе: являясь когнитивными по механизмам, они регулятивны по направленности, т.е. по функциональному предназначению» (Карпов, 2004, с. 131).

Принято выделять два основных компонента метапознания, концептуализированных в фундаментальных работах Дж. Флэвелла и Г. Веллмана. Первый – метакогнитивные знания (метазнания), то есть осведомленность человека о собственных когнитивных процессах и способность отслеживать их и размышлять о них. Второй – метакогнитивный контроль (мета-контроль), представляющий собой совокупность механизмов саморегуляции, например планирование и адаптацию поведения в зависимости от его последствий для окружающей среды (Livingston, J. (2003). Metacognition: An Overview. eric.ed.gov. ERIC. <https://eric.ed.gov/?id=ED474273>). Согласно модели Нельсона и Наренса, мета-знание представляет собой поток и обработку информации от уровня объекта до мета-уровня, в то время как мета-контроль представляет собой поток, идущий от мета-уровня к уровню объекта (Nelson et al., 1994). Объектный уровень охватывает многочисленные когнитивные функции, такие как распознавание и категоризацию предметов, семантическое кодирование, пространственное представление и стратегии принятия решений. Важным элементом метакогнитивного контроля является мониторинг, который обеспечивает

поведенческую регуляцию – например, позволяет осознать ошибочность принятого решения и скорректировать его, выбрав альтернативный курс действий.

Таким образом, метапознание включает знания о собственных когнитивных процессах и механизмы их регулирования, такие как мониторинг и контроль хода принятия решений, и рассматривается как ключевой фактор адаптивного поведения. Кроме того, оно охватывает не только осведомлённость о когнитивных процессах, но и понимание и регуляцию собственных эмоциональных состояний, а также эмоциональных процессов других людей (Papaleontiou-Louca, 2003; White et al., 1998). Особенную важную роль метапознание играет во второй половине жизни, когда его механизмы способствуют эффективной саморегуляции и адаптации к изменениям в когнитивной и эмоциональной сферах личности (Flavell, 1979).

Изменение метакогнитивных способностей/навыков с возрастом. Метапознание может выступать одним из ключевых ресурсов компенсации возрастного снижения когнитивных функций. С возрастом отмечается снижение когнитивных навыков, требующих скорости обработки информации и реакции, что связано с общим замедлением психомоторных процессов (Крайг, 2002). При этом метакогнитивные навыки, смысловой контекст опыта и памяти становятся актуальными: они позволяют направлять и регулировать когнитивные процессы, эффективно заполняя пространство операций, где снижается скорость, и поддерживая успешное решение реальных задач. В связи с чем, не происходит снижения эффективности мыслительной деятельности при решении реальных задач (Носс, 2024).

С другой стороны, в соответствии с гипотезой старения лобной коры, когнитивные функции, тесно связанные с функциональной целостностью префронтальных областей мозга, наиболее подвержены возрастным изменениям. Так, например, показатели рабочей памяти, ключевую роль в поддержании которой играет дорсолатеральная префронтальная кора, также снижаются с возрастом. Кроме того, показано, что с возрастом увеличивается латентность ERP-компонентов когнитивного контроля, что отражает замедление обработки информации и подтверждает гипотезу снижения скорости когнитивных процессов. При этом амплитуда компонентов, локализованных в префронтальных областях, возрастает, компенсируя снижение активности в задних областях и позволяя сохранять когнитивную производительность на относительно стабильном уровне, что подтверждает компенсаторную гипотезу старения (Kropotov et al., 2016). Согласно модели STAC-г, эти изменения могут быть связаны с сокращением биологических ресурсов, однако метакогнитивные процессы и накопленный опыт способны компенсировать снижение, поддерживая адаптивное поведение и продуктивное мышление в пожилом возрасте (Alexander et al., 1997).

Связь метакогниций и благополучия. Существует множество доказательств тому, что метакогнитивные навыки являются важнейшими компонентами психологического функционирования; по сути, они представляют собой водораздел между психическим здоровьем и человеческой психопатологией. Действительно, в современной литературе подчеркивается, что неэффективный метакогнитивный мониторинг характеризует многие психопатологические состояния, включая депрессивные и тревожные расстройства, расстройства пищевого поведения и химические зависимости (Sun et al., 2017). Метакогнитивные навыки выступают ключевым фактором, обеспечивающим эффективность деятельности (Paris & Winograd, 1990). Подчеркивается значимое влияние метакогнитивных стратегий на достижение субъективного благополучия, успешную адаптацию к новой среде, а также на эффективное планирование и регуляцию повседневной деятельности (Бызова, 2018; Денисова и др., 2023). Выявлены взаимосвязи метакогнитивных навыков с самореализацией, самоэффективностью, уверенностью в себе и удовлетворенностью жизнью (Kiae, 2014).

Молекулярно-генетическая основа метапознания и субъективного благополучия. Несмотря на то, что связь между когнитивными функциями и вариабельностью большого числа генов хорошо изучена и научно обоснована, существует дефицит исследований, посвященных молекулярно-генетической основе метапознания, а их результаты противоречивы. С одной стороны, S. Jiang с соавторами показали, что способности к метапознанию, будучи когнитивными способностями второго порядка, у взрослых людей в большей степени регулируются факторами окружающей среды, чем генетикой (Jiang et al., 2024). С другой стороны, значимые ассоциации с уровнем метакогнитивной активности выявлены для генетических полиморфизмов белка-транспортера серотонина (*5-HTTLPR*) (Lehmann et al., 2023) и рецептора дофамина (*DRD4*) (Munafo & Flint, 2011). Если генетическая обусловленность метакогнитивных навыков не доказана, то субъективное благополучие на 30–40 % определяется генетическими факторами, что показано в исследованиях с применением близнецового метода (Røysamb & Nes, 2019). В качестве генов-кандидатов, объясняющих индивидуальную вариабельность субъективного благополучия, рассматриваются гены, влияющие на количество и функции нейромедиаторов: рецептора окситоцина (*OXTR*), белка-транспортера серотонина (*5-HTTLPR*), моноаминоксидазы А (*MAOA*), катехол-О-метилтрансферазы (*COMT*) и каннабиноидного рецептора 1 типа (*CNR1*) (Weijer et al., 2022).

Связь полиморфизмов гена *APOE* с метапознанием, когнитивными функциями при старении и субъективным благополучием. В настоящее время ген *APOE* признан одним из наиболее значимых генетических факторов, связанных с траекториями когнитивного старения и с когнитивной функцией у пожилых людей (Harris & Deary, 2011). Ген *APOE* кодирует транспортный белок – аполипопротеин-Е (ApoE), за счет которого центральная нервная система получает липиды, необходимые для роста, восстановления нейронов и поддержания синаптической пластичности (O'Donoghue et al., 2018). Ген *APOE* имеет два функциональных однокарбонуклеотидных поли-

морфизма: rs429358 (388T/C) и rs7412 (526C/T), которые кодируют основные аллели ε1, ε2, ε3 и ε4. У носителей аллеля *APOE* ε4 обнаружены более низкие показатели эпизодической памяти, исполнительных функций и общих когнитивных способностей. Наличие хотя бы одной копии *APOE* ε4 в 4 раза увеличивает склонность к депрессивным состояниям у женщин (Delano-Wood, 2008), а риск развития болезни Альцгеймера примерно в 3–7 раз (Pires & Rego, 2023). Кроме того, R. Martin с соавторами обнаружили ассоциацию аллеля *APOE* ε4 с более низкими уровнями субъективного благополучия (меньше позитивных эмоций) у долгожителей (Martin et al., 2014). Потенциальная связь генетических вариаций гена *APOE* с индивидуальными различиями личностных качеств и мета-когнитивных навыков не изучена.

Таким образом, **целью исследования** стало выявление связи метакогнитивных навыков, когнитивных функций, субъективного благополучия и полиморфизма гена *APOE* у женщин зрелого возраста. В качестве гипотезы выдвинуто предположение о том, что метакогнитивные стратегии и убеждения выступают поддерживающим фактором и могут быть связаны с уровнем субъективного благополучия женщин в зрелом возрасте и полиморфными вариантами гена *APOE*.

Материалы и методы

Для оценки когнитивных навыков в исследовании использовался интегративный показатель Монреальской шкалы оценки когнитивных функций (MoCA-тест). Тест оценивает различные когнитивные сферы: внимание и концентрацию, управляющие функции, память, язык, зрительно-конструктивные навыки, абстрактное мышление, счет и ориентацию и может быстро отсечь умеренные когнитивные дисфункции. Время для проведения MoCA-теста составляло не более 10 минут. Максимально возможное количество баллов – 30; 26 баллов и более соответствует нормальному когнитивному развитию.

Метакогнитивные характеристики изучались с помощью опросника «Метакогнитивные качества личности» Д. Эверсона, включающего четыре шкалы: метакогнитивная включенность в деятельность, использование стратегий, планирование действий, самопроверка; анкеты «Трудности саморегуляции» (Карпов, 2018); Опросника метакогнитивных убеждений (Metacognition Questionnaire, MCQ-30, А. Уэлса и С. Картрайт-Хаттон, адаптированного Н. А. Сиротой, Д. В. Московченко, В. М. Ялтонским, А. В. Ялтонской). Он состоит из 30 утверждений, распределенных по пяти шкалам: позитивные убеждения, касающиеся беспокойства (убеждения, отражающие веру в то, что более частое беспокойство поможет избежать проблем и справиться с трудностями); негативные убеждения, связанные с неуправляемостью и опасностью беспокойства (убеждения относительно невозможности контроля и телесной, психологической или социальной опасностью беспокойства); когнитивная несостоятельность (негативные убеждения в отношении собственной мнестической деятельности); контроль мыслей (убежденность в том, что если не контролировать свои мысли, то может случиться что-то плохое); внимательность к собственным мыслительным процессам (шкала, отражающая выраженную когнитивного синдрома внимания – тенденции фокусировать свое внимание на собственных мыслях, думать о них).

С целью диагностики субъективного благополучия применялась Шкала удовлетворенности жизнью (Динер, 1999) в адаптации Д.А. Леонтьева и Е.Н. Осина (2003). Удовлетворенность жизнью рассматривается как когнитивный компонент субъективного благополучия в концепции Э. Динера.

В ходе генетического анализа ДНК выделяли из букального эпителия с помощью набора реагентов ГенПреп (ООО «Синтол»). Генотипирование гена *APOE* (SNP в точках: 388T/C и 526C/T) проводили методом аллель-специфической ПЦР в реальном времени с флуоресцентной детекцией с использованием набора реагентов для проведения ПЦР-РВ («Синтол», Москва) на амплификаторе ДТпрайм («ДНК-Технология», Россия). Проверку наблюдавшихся в исследовании частот встречаемости генотипов, гена *APOE* на соответствие равновесию Харди-Вайнберга проводили с использованием онлайн – калькулятора (<https://wpcalc.com/en/medical/equilibrium-hardy-weinberg/>), в котором рассчитывался χ^2 для двух степеней свободы.

Для выявления связей между показателями метапознания, когнитивных навыков и субъективного благополучия применяли метод ранговой корреляции *r*-Спирмена. Поиск ассоциаций полиморфизма гена *APOE* с психологическими показателями осуществляли с применением анализа главных компонент и MDR-анализа (Multifactor Dimensionality Reduction, анализ многомерного снижения размерности). MDR-анализ используется для выявления ассоциаций между генами и сложными признаками организма (в контексте данного исследования – когнитивными, метакогнитивными навыками и субъективным благополучием), проявление которых зависит как от генетических факторов, так и от факторов среды. Данный метод позволяет уменьшить размерность числа рассчитываемых параметров при одновременной оценке взаимодействий большого количества полиморфизмов за счет конструирования новых переменных на основе суммирования сочетаний генотипов повышенного и пониженного риска формирования заболевания/негативного проявления признака (Пономаренко, 2019). Расчеты проведены в программах SPSS Statistics, Past (v. 4.03) и MDR v.3.0.2.

Результаты исследования

Выборка. В выборку были включены 60 женщин в возрасте от 40 до 70 лет, все сотрудники вуза (преподаватели, научные работники, работники административных и финансовых подразделений). Этот возрастной период соотносится в периодизации развития человека как субъекта труда (по Д. Сьюперу) с этапом поддержания достигнутых в процессе карьерного развития позиций. Как отмечает автор классификации, именно здесь решается

вопрос, удалось ли построить желаемый образ жизни (стадии авторитета и наставника по Е.А. Климову). Это этап подведения профессиональных итогов, на котором решаются ключевые для финального отрезка жизни вопросы, принимается решение о том, когда человек выйдет на пенсию, чем он будет заниматься после окончания трудовой карьеры. Когнитивные функции в этот период снижаются, однако метакогнитивные могут иметь тенденцию к повышению (Карпов, 2004). Поскольку когнитивные изменения в процессе нормального старения у разных людей проявляются по-разному, в этом возрасте мы уже имеем возможность фиксировать различное состояние когнитивного здоровья. Всеми участниками исследования подписано информированное согласие на обработку персональных данных, разрешающее применение полученных результатов в научной работе.

Распределение генотипов гена *APOE* соответствовало равновесию Харди-Вайнберга (таблицы 1 и 2).

Таблица 1

Наблюдаемые и ожидаемые частоты распределения генотипов полиморфизма гена APOE в точке 388T/C (rs429358) по равновесию Харди-Вайнберга в исследуемой выборке

Частоты встречаемости	Носительство генотипов		
	TT	TC	CC
Наблюдаемые	41	17	2
Теоретически ожидаемые	40,84	17,32	1,84
Достоверность χ^2, p		$\chi^2_{[2]} = 0,02; p = 1$	

Таблица 2

Наблюдаемые и ожидаемые частоты распределения генотипов полиморфизма гена APOE в точке 526C/T (rs7412) по равновесию Харди-Вайнберга в исследуемой выборке

Частоты встречаемости	Носительство генотипов		
	TT	TC	CC
Наблюдаемые	0	11	49
Теоретически ожидаемые	0,5	10	49,5
Достоверность χ^2, p		$\chi^2_{[2]} = 0,6; p = 1$	

Результаты корреляционного анализа не выявили значимых корреляций между показателями когнитивных функций и метакогнитивных навыков. Единственном когнитивным процессом, вступающим во взаимосвязь в этом возрасте, является речь (продуктивность и словарный запас). Слабые отрицательные взаимосвязи зафиксированы между показателями развития речи и метакогнитивной включенности в деятельность ($r = -0,314, p = 0,013$), речи и сдержанности ($r = -0,351, p = 0,015$), речи и затруднений функционирования памяти в состоянии тревоги в трудных ситуациях ($r = -0,249, p = 0,087$), речи и планировании действий ($r = -0,323, p = 0,025$). То есть меньшая продуктивность речи связана с более сильной метакогнитивной включенностью в деятельность, более выраженной функцией планирования действий, а также со снижением мнемических функций в состоянии тревоги.

Вместе с тем, обнаружено большое количество сильных прямых корреляций между метакогнитивными навыками и удовлетворенностью жизнью, которая рассматривается как когнитивный компонент субъективного благополучия. Так, повышение благополучия связано с увеличением показателей метакогнитивной включенности в деятельность ($r = 0,560, p < 0,001$), использования ментальных стратегий ($r = 0,547, p < 0,001$), планирования действий ($r = 0,586, p = 0,001$), самопроверки ($r = 0,580, p < 0,001$), актуализации волевых усилий ($r = 0,508, p < 0,001$), концентрации и устойчивости внимания при трудностях ($r = 0,587, p < 0,001$), умения сдерживать активность и эмоциональное возбуждение ($r = 0,526, p < 0,001$), актуализации мыслительных операций ($r = 0,490, p < 0,001$), а также связано с негативными убеждениями о неуправляемости беспокойства ($r = 0,323, p = 0,011$), контролем мыслей ($r = 0,372, p = 0,003$), когнитивной несостоительностью ($r = 0,475, p < 0,001$), позитивными убеждениями о беспокойстве ($r = 0,384, p = 0,002$), внимательностью к собственным мыслям ($r = 0,385, p = 0,002$). В целом можно констатировать, что вторая часть гипотезы получила подтверждение: как и в ряде предыдущих исследований, мы обнаружили, что более развитые метакогнитивные навыки, а также суммарная выраженность метакогнитивных убеждений, связанные с более высокими показателями удовлетворенности жизнью у женщин среднего возраста, что можно рассматривать как маркер их когнитивного здоровья.

Оценка связи между полиморфизмом гена *APOE* и метакогнициями проводилась в два этапа. На первом этапе с помощью анализа главных компонент была определена степень связности метакогнитивных убеждений, определяемых в тесте MCQ-30. Обнаружено, что все 5 основных убеждений (позитивные убеждения, касающиеся беспокойства; негативные убеждения, связанные с неуправляемостью и опасностью беспокойства; когни-

тивная несостоительность; контроль мыслей; внимательность к собственным мыслительным процессам) имеют сильные положительные корреляции друг с другом, то есть выступают как один фактор. Поэтому на втором этапе с помощью MDR-анализа был проведен поиск ассоциаций между полиморфизмом гена *APOE* и суммарной выраженностью метакогнитивных убеждений, отражающей внимательность и озабоченность состоянием собственных когнитивных процессов. При этом статистически значимой взаимосвязи между показателями не выявлено.

Вместе с тем, полиморфизм гена *APOE* показал значимые ассоциации с когнитивными функциями (прежде всего, процессами кратковременной и долговременной памяти) и на уровне тенденции ($p = 0,065$) связан с показателем когнитивного компонента субъективного благополучия. С повышенным риском развития легких когнитивных нарушений у женщин зрелого возраста были ассоциированы генотипы гена *APOE*: $\varepsilon 2/\varepsilon 3$ (TT/CT), $\varepsilon 4/\varepsilon 4$ (CC/CC) и $\varepsilon 3/\varepsilon 4$ (TC/CC), тогда как с риском снижения уровня когнитивного благополучия (общий балл ниже 14) были связаны генотипы – $\varepsilon 2/\varepsilon 4$ (TC/TC), $\varepsilon 3/\varepsilon 4$ (TC/CC) и $\varepsilon 3/\varepsilon 3$ (TT/CC) (рисунки 1 и 2). Интересно отметить, что в нашем исследовании женщины зрелого возраста с генотипом гена *APOE* $\varepsilon 3/\varepsilon 4$ (TC/CC) вошли в группу риска и по легким когнитивным нарушениям, и по субъективному благополучию.

Рисунок 1

Диаграмма связи комбинации генотипов гена *APOE* с риском развития легких когнитивных нарушений

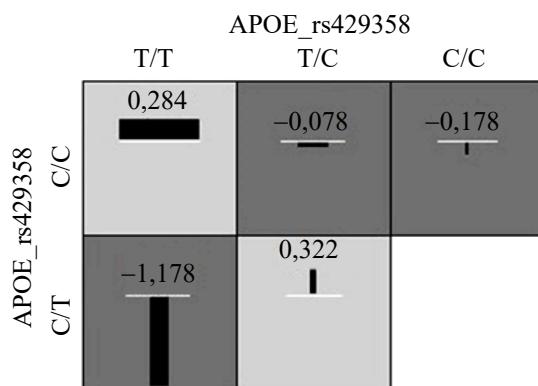
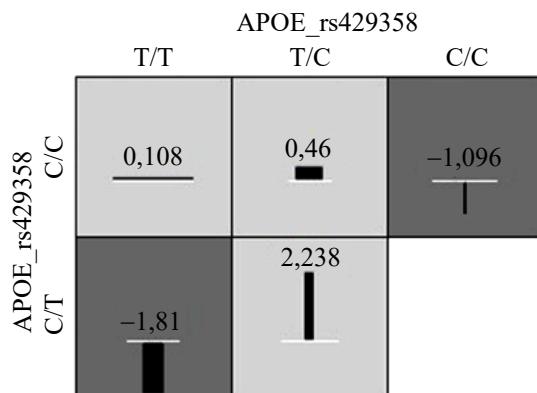


Рисунок 2

Диаграмма связи комбинации генотипов гена *APOE* с риском снижения уровня субъективного благополучия



Прим.: Тёмно-серые ячейки – комбинации повышенного риска, светло-серые – пониженного риска, белые – сочетание комбинаций генотипов отсутствуют.

Обсуждение результатов

Полученные результаты частично подтверждают выдвинутую гипотезу и в целом свидетельствуют о том, что выраженная характеристика метакогниций теснее всего связана с когнитивным компонентом субъективного благополучия, тогда как генетические факторы (полиморфизм гена *APOE*) демонстрируют связь с эффективностью когнитивных процессов (преимущественно памяти) и лишь на уровне тенденции – с субъективным благополучием. Отсутствие значимых связей между большинством когнитивных функций и метакогниций может отражать относительную стабильность когнитивных процессов у женщин среднего возраста в нашей выборке и при этом более выраженную индивидуальную вариативность метакогнитивных показателей. С другой стороны, небольшой объем выборки мог стать ограничением для выявления этой связи, связанным с риском получения ошибки второго рода. Выявленные слабые обратные связи между продуктивностью речи и рядом метакогнитив-

ных компонентов могут указывать на роль внутренней речи в метакогнитивных процессах: у более метакогнитивно вовлечённых участниц выполнение речевых актов может требовать большего времени на обдумывание.

Сильные положительные корреляции между метакогнициями и когнитивным компонентом субъективного благополучия подтверждают вторую часть гипотезы исследования и согласуются с данными предыдущих работ, где отмечалась положительная роль метакогнитивной осознанности для эмоциональной устойчивости и адаптации (Бызова и др., 2018; Kiaei, 2014). Примечательно, что более высокий уровень субъективного благополучия наблюдался и при большей выраженности некоторых дисфункциональных метакогнитивных убеждений. Это может свидетельствовать о том, что суммарная выраженность метакогнитивных убеждений отражает общую внимательность и обращённость к своим когнитивным процессам, которая, в определённых пределах, способствует сохранению чувства контроля и удовлетворённости жизнью. Вероятно, на характер выявленных связей повлияла и специфика выборки, включавшей женщин, занятых интеллектуальным трудом, требующим активного применения метакогнитивных функций.

Обнаруженные ассоциации полиморфизма гена *APOE* с памятью и тенденция связи с субъективным благополучием согласуются с данными литературы о роли данного гена в когнитивном старении (Harris & Deary, 2011; Pires & Rego, 2023) и подтверждают, что генетические различия проявляются у женщин зрелого возраста не только на уровне когнитивного функционирования, но и, пусть слабее, на уровне психологического здоровья. Это согласуется с более ранними данными, что носители аллеля ε4 демонстрируют ускоренное снижение определённых когнитивных функций, но в некоторых случаях сохраняют субъективное благополучие за счёт компенсационных механизмов (Li et al., 2024).

Следует учитывать ряд ограничений исследования. Во-первых, выборка включала женщин зрелого возраста, преимущественно занятых интеллектуальным трудом, что может ограничивать возможность обобщения результатов на более широкую популяцию. Во-вторых, размер выборки может быть недостаточным для выявления тонких эффектов взаимодействия полиморфизма гена *APOE* с психологическими характеристиками, что требует последующего подтверждения на более крупных выборках. В-третьих, использование самоотчетных опросников для оценки метакогниций предполагает влияние субъективных факторов и не исключает необходимости включения поведенческих и нейропсихологических методов в будущие исследования. При этом полученные результаты подтверждают данные предыдущих исследований и конкретизируют их, а также создают основу для рассмотрения различных компонентов метапознания как маркеров благополучия не только в позднем, но и в среднем возрасте. В дальнейших исследованиях нуждается проблема изучения связи полиморфизма гена *APOE* с риском снижения уровня субъективного благополучия у женщин зрелого возраста.

Заключение. Исследование предлагает данные о связи метакогнитивных навыков с развитием когнитивных функций и субъективным благополучием у женщин зрелого возраста, а также их возможной обусловленностью генетическими переменными. Несмотря на слабую связь метакогнитивных и когнитивных навыков, подтверждена сильная связь метакогнитивных навыков и субъективного благополучия в этом возрасте. Кроме того, показано, что полиморфизм гена *APOE* связан с риском снижения когнитивных функций (прежде всего, процессов кратковременной и долговременной памяти) и может влиять на уровень субъективного благополучия у женщин зрелого возраста.

Результаты исследования подчеркивают значимость развития метакогнитивных навыков и работы с метакогнитивными убеждениями в зрелом возрасте. Развитие таких навыков включает формирование разнообразных стратегий планирования, самопроверки и регуляции собственных мыслительных процессов, а также умение гибко применять их в разных жизненных и профессиональных ситуациях. Целенаправленная поддержка и тренинг метакогнитивных навыков могут рассматриваться как один из путей профилактики возрастного когнитивного снижения и поддержания субъективного благополучия.

Список литературы

- Бызова, В. М., Перикова, Е. И., и Бледных, И. А. (2018). Метакогнитивные стратегии преодоления субъективного неблагополучия студентов. В *Тенденции развития образования: педагог, образовательная организация, общество – 2018: материалы Всероссийской научно-практической конференции* (С. 361–364). ИД «Среда». <https://doi.org/10.31483/r-11208>
- Денисова, Е. Г., Куприянов, И. В., и Гостева, А. О. (2023). Личностные черты, эмоции и метакогнитивные навыки как предикторы субъективного благополучия субъектов образовательной деятельности в современных условиях. *Российский психологический журнал*, 20(4), 63–83. <https://doi.org/10.21702/rpj.2023.4.4>
- Карпов, А. В. (2004). *Метасистемная организация уровневых структур психики*. Институт психологии РАН.
- Крайг, Г. (2002). *Психология развития*. Питер.
- Манина, В. А., Петракова, А. В., Куликова, А. А., Орел, Е. А., и Канонир, Т. Н. (2023). Копинг-стратегии и удовлетворенность работой у учителей в условиях дистанционного преподавания во время пандемии COVID-19. *Психологическая наука и образование*, 28(1), 52–65. <https://doi.org/10.17759/pse.202300001>
- Мелёхин, А. И. (2019). Метакогнитивные способности в пожилом возрасте: специфика и предикторы. *Экспериментальная психология*, 12(3), 47–62. <https://doi.org/10.17759/exppsy.2019120304>
- Носс, И. Н. (2024). Влияние способа и инструмента измерения интеллекта на оценку динамики когнитивных функций работников. *Экстремальная психология и безопасность личности*, 1(1), 5–14. <https://doi.org/10.17759/epps.2024010101>

- Пономаренко, И. В. (2019). Использование метода multifactor Dimensionality reduction (MDR) и его модификаций для анализа ген-генных и генно-средовых взаимодействий при генетико-эпидемиологических исследованиях (обзор). *Научные результаты биомедицинских исследований*, 5(1). <https://doi.org/10.18413/2313-8955-2019-5-1-0-1>
- Alexander, G. E., Furey, M. L., Grady, C. L., Pietrini, P., Brady, D. R., Mentis, M. J., & Schapiro, M. B. (1997). Association of premorbid intellectual function with cerebral metabolism in Alzheimer's disease: implications for the cognitive reserve hypothesis. *American Journal of Psychiatry*, 154(2), 165–172. <https://doi.org/10.1176/ajp.154.2.165>
- Delano-Wood, L., Houston, W. S., Emond, J. A., Marchant, N. L., Salmon, D. P., Jeste, D. V., Thal, L. J., & Bondi, M. W. (2008). APOE genotype predicts depression in women with Alzheimer's disease: a retrospective study. *International Journal Of Geriatric Psychiatry*, 23(6), 632–636. <https://doi.org/10.1002/gps.1953>
- Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry. *American Psychologist*, 34(10), 906–911. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/0003-066X.34.10.906>
- Harris, S. E., & Deary, I. J. (2011). The genetics of cognitive ability and cognitive ageing in healthy older people. *Trends In Cognitive Sciences*, 15(9), 388–394. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2011.07.004>
- Jiang, S., Sun, F., Yuan, P., Jiang, Y., & Wan, X. (2024). Distinct genetic and environmental origins of hierarchical cognitive abilities in adult humans. *Cell Reports*, 43(4), 114060. <https://doi.org/10.1016/j.celrep.2024.114060>
- Kiaei, A. Y. (2014). The relationship between metacognition, self-actualization and well-being among university students: reviving self-actualization as the purpose of education. *FIU Electronic Theses and Dissertations*, 1367. <https://doi.org/10.25148/etd.FI14040889>
- Kropotov, J., Ponomarev, V., Tereshchenko, E. P., Müller, A., & Jäncke, L. (2016). Effect of Aging on ERP Components of Cognitive Control. *Frontiers In Aging Neuroscience*, 8, 69. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2016.00069>
- Lehmann, M., Plieger, T., Reuter, M., & Ettinger, U. (2023). Insights into the molecular genetic basis of individual differences in metacognition. *Physiology & Behavior*, 264, 114139. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2023.114139>
- Li, W., Wang, X., Sun, L., Yue, L., & Xiao, S. (2024). Correlation between the APOE ε4 genotype, lifestyle habits, and cognitive deficits in Chinese adults over 60: a cross-sectional analysis in China. *Frontiers In Public Health*, 12, 1417499. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1417499>
- Martin, P., Jazwinski, S. M., Davey, A., Green, R. C., Macdonald, M., Margrett, J. A., Siegler, I. C., Arnold, J., Woodard, J. L., Johnson, M. A., Kim, S., Dai, J., Li, L., Batzer, M. A., Poon, L. W., & for the Georgia Centenarian Study (2014). APOE ε4, rated life experiences, and affect among centenarians. *Aging & Mental Health*, 18(2), 240–247. <https://doi.org/10.1080/13607863.2013.827624>
- Metcalfe, J., & Shimamura, A. P. (1996). *Metacognition: Knowing about Knowing*. The MIT Press.
- Munafò, M. R., & Flint, J. (2011). Dissecting the genetic architecture of human personality. *Trends In Cognitive Sciences*, 15(9), 395–400. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2011.07.007>
- Nelson, T. O., & Narens, L. (1994). Why investigate metacognition? In J. Metcalfe & A. P. Shimamura (Eds.), *Metacognition: Knowing About Knowing* (pp. 1–25). The MIT Press.
- O'Donoghue, M. C., Murphy, S. E., Zamboni, G., Nobre, A. C., & Mackay, C. E. (2018). APOE genotype and cognition in healthy individuals at risk of Alzheimer's disease: A review. *Cortex*, 104, 103–123. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2018.03.025>
- Papaleontiou-Louca, E. (2003). The concept and instruction of metacognition. *Teacher Development*, 7(1), 9–30. <https://doi.org/10.1080/13664530300200184>
- Paris, S. G., & Winograd, P. (1990). How metacognition can promote academic learning and instruction. In B. F. Jones & L. Idol (Eds.) *Dimensions of Thinking and Cognitive Instruction* (pp. 15–51). Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Røysamb, E., & Nes, R. B. (2019). The role of genetics in subjective well-being. *Nature Human Behaviour*, 3(1), 3. <https://doi.org/10.1038/s41562-018-0494-1>
- Sun, X., Zhu, C., & So, S. H. W. (2017). Dysfunctional metacognition across psychopathologies: A meta-analytic review. *European Psychiatry*, 45, 139–153. <https://doi.org/10.1016/j.eurpsy.2017.05.029>
- van de Weijer, M. P., Pelt, D. H. M., de Vries, L. P., Baselmans, B. M. L., & Bartels, M. (2022). A re-evaluation of candidate gene studies for well-being in light of genome-wide evidence. *Journal of Happiness Studies*, 23(6), 3031–3053. <https://doi.org/10.1007/s10902-022-00538-x>
- White, B. Y., & Frederiksen, J. R. (1998). Inquiry, modeling, and metacognition: Making science accessible to all students. *Cognition and Instruction*, 16(1), 3–118. https://doi.org/10.1207/s1532690xci1601_2

References

- Alexander, G. E., Furey, M. L., Grady, C. L., Pietrini, P., Brady, D. R., Mentis, M. J., & Schapiro, M. B. (1997). Association of premorbid intellectual function with cerebral metabolism in Alzheimer's disease: implications for the cognitive reserve hypothesis. *American Journal of Psychiatry*, 154(2), 165–172. <https://doi.org/10.1176/ajp.154.2.165>
- Byzova, V. M., Perikova, E. I., & Blednykh, I. A. (2018). Metakognitivnye strategii preodoleniya subaktivnogo neblagopoluchiiia studentov. All-Russian Scientific and Practical Conference Trends in the education development: teacher, educational organization, society (P. 361–364). ID "Sreda". (In Russ.) <https://doi.org/10.31483/r-11208>
- Denisova, E. G., Kupriyanov, I. V., & Gostev, A. O. (2023). Personality traits, emotions and metacognitive skills as predictors of subjective well-being of university students, teachers and staff. *Russian Psychological Journal*, 20(4), 63–83. (In Russ.) <https://doi.org/10.21702/rpj.2023.4.4>

- Delano-Wood, L., Houston, W. S., Emond, J. A., Marchant, N. L., Salmon, D. P., Jeste, D. V., Thal, L. J., & Bondi, M. W. (2008). APOE genotype predicts depression in women with Alzheimer's disease: a retrospective study. *International Journal Of Geriatric Psychiatry*, 23(6), 632–636. <https://doi.org/10.1002/gps.1953>
- Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry. *American Psychologist*, 34(10), 906–911. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/0003-066X.34.10.906>
- Harris, S. E., & Deary, I. J. (2011). The genetics of cognitive ability and cognitive ageing in healthy older people. *Trends In Cognitive Sciences*, 15(9), 388–394. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2011.07.004>
- Jiang, S., Sun, F., Yuan, P., Jiang, Y., & Wan, X. (2024). Distinct genetic and environmental origins of hierarchical cognitive abilities in adult humans. *Cell Reports*, 43(4), 114060. <https://doi.org/10.1016/j.celrep.2024.114060>
- Karpov, A. V. (2004). *Metasystemic organization of level structures of the psyche*. Institute of Psychology, Russian Academy of Sciences. (In Russ.)
- Craig, G. (2002). *Developmental psychology*. Piter. (In Russ.)
- Kiaei, A. Y. (2014). The relationship between metacognition, self-actualization and well-being among university students: reviving self-actualization as the purpose of education. *FIU Electronic Theses and Dissertations*, 1367. <https://doi.org/10.25148/etd.FI14040889>
- Kropotov, J., Ponomarev, V., Tereshchenko, E. P., Müller, A., & Jänecke, L. (2016). Effect of Aging on ERP Components of Cognitive Control. *Frontiers In Aging Neuroscience*, 8, 69. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2016.00069>
- Lehmann, M., Plieger, T., Reuter, M., & Ettinger, U. (2023). Insights into the molecular genetic basis of individual differences in metacognition. *Physiology & Behavior*, 264, 114139. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2023.114139>
- Li, W., Wang, X., Sun, L., Yue, L., & Xiao, S. (2024). Correlation between the APOE ε4 genotype, lifestyle habits, and cognitive deficits in Chinese adults over 60: a cross-sectional analysis in China. *Frontiers In Public Health*, 12, 1417499. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1417499>
- Manina, V. A., Petrakova, A. V., Kulikova, A. A., Orel, E. A., & Kanonir, T. N. (2023). Teachers' Coping Strategies and Job Satisfaction in Distance Teaching During the COVID-19 Pandemic. *Psychological Science and Education*, 28(1), 52–65. (In Russ.) <https://doi.org/10.17759/pse.2023000001>
- Martin, P., Jazwinski, S. M., Davey, A., Green, R. C., Macdonald, M., Margrett, J. A., Siegler, I. C., Arnold, J., Woodard, J. L., Johnson, M. A., Kim, S., Dai, J., Li, L., Batzer, M. A., Poon, L. W., & for the Georgia Centenarian Study (2014). APOE ε4, rated life experiences, and affect among centenarians. *Aging & Mental Health*, 18(2), 240–247. <https://doi.org/10.1080/13607863.2013.827624>
- Metcalfe, J., & Shimamura, A. P. (1996). *Metacognition: Knowing about Knowing*. The MIT Press.
- Munafò, M. R., & Flint, J. (2011). Dissecting the genetic architecture of human personality. *Trends in Cognitive Sciences*, 15(9), 395–400. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2011.07.007>
- Melyokhin, A. I. (2019). Metacognitive abilities in the elderly: specificity and predictors. *Experimental Psychology*, 12(3), 47–62. (In Russ.) <https://doi.org/10.17759/exppsy.2019120304>
- Noss, I. N. (2024). The influence of the method and instrument of measuring intelligence on the assessment of the dynamics of cognitive functions of employees. *Extreme Psychology and Personal Safety*, 1(1), 5–14. (In Russ.) <https://doi.org/10.17759/epps.2024010101>
- Nelson, T. O., & Narens, L. (1994). Why investigate metacognition? In J. Metcalfe & A. P. Shimamura (Eds.), *Metacognition: Knowing About Knowing* (P. 1–25). The MIT Press.
- O'Donoghue, M. C., Murphy, S. E., Zamboni, G., Nobre, A. C., & Mackay, C. E. (2018). APOE genotype and cognition in healthy individuals at risk of Alzheimer's disease: A review. *Cortex*, 104, 103–123. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2018.03.025>
- Ponomarenko, I. V. (2019). Using the method of Multifactor Dimensionality Reduction (MDR) and its modifications for analysis of gene-gene and gene-environment interactions in genetic-epidemiological studies (review). *Research Results in Biomedicine*, 5(1). (In Russ.) <https://doi.org/10.18413/2313-8955-2019-5-1-0-1>
- Papaleontiou-Louca, E. (2003). The concept and instruction of metacognition. *Teacher Development*, 7(1), 9–30. <https://doi.org/10.1080/13664530300200184>
- Paris, S. G., & Winograd, P. (1990). How metacognition can promote academic learning and instruction. In B. F. Jones & L. Idol (Eds.) *Dimensions of Thinking and Cognitive Instruction* (P. 15–51). Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Røysamb, E., & Nes, R. B. (2019). The role of genetics in subjective well-being. *Nature Human Behaviour*, 3(1), 3. <https://doi.org/10.1038/s41562-018-0494-1>
- Sun, X., Zhu, C., & So, S. H. W. (2017). Dysfunctional metacognition across psychopathologies: A meta-analytic review. *European Psychiatry*, 45, 139–153. <https://doi.org/10.1016/j.eurpsy.2017.05.029>
- van de Weijer, M. P., Pelt, D. H. M., de Vries, L. P., Baselmans, B. M. L., & Bartels, M. (2022). A re-evaluation of candidate gene studies for well-being in light of genome-wide evidence. *Journal of Happiness Studies*, 23(6), 3031–3053. <https://doi.org/10.1007/s10902-022-00538-x>
- White, B. Y., & Frederiksen, J. R. (1998). Inquiry, modeling, and metacognition: Making science accessible to all students. *Cognition and Instruction*, 16(1), 3–118. https://doi.org/10.1207/s1532690xci1601_2

Об авторах:

Екатерина Вячеславовна Забелина, доктор психологических наук, доцент, профессор кафедры психологии, Институт образования и практической психологии, Челябинский государственный университет (Российская Федерация, 454001, г. Челябинск, ул. Братьев Кашириных, 129), [ORCID](#), [SPIN-код](#), [katya_k@mail.ru](mailtokatya_k@mail.ru)

Елена Андреевна Куба, старший преподаватель кафедры специальной и клинической психологии, Институт образования и практической психологии, Челябинский государственный университет (Российская Федерация, 454001, г. Челябинск, ул. Братьев Кашириных, 129), [ORCID](#), [SPIN-код](#), [ipipele@mail.ru](mailtoipipele@mail.ru)

Юлия Юрьевна Филиппова, доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры микробиологии, иммунологии и общей биологии, биологический факультет, Челябинский государственный университет (Российская Федерация, 454001, г. Челябинск, ул. Братьев Кашириных, 129), [ORCID](#), [SPIN-код](#), [julse@rambler.ru](mailtojulse@rambler.ru)

Екатерина Геннадьевна Денисова, кандидат психологических наук, доцент кафедры психофизиологии и клинической психологии, Донской государственный технический университет (Российская Федерация, 344003, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [ORCID](#), [SPIN-код](#), [keithdenisova@gmail.com](mailtokeithdenisova@gmail.com)

Ирина Александровна Трушиня, кандидат педагогических наук, доцент, директор Института образования и практической психологии, Челябинский государственный университет (Российская Федерация, 454001, г. Челябинск, ул. Братьев Кашириных, 129), [ORCID](#), [SPIN-код](#), [trushina_ia@mail.ru](mailtotrushina_ia@mail.ru)

Дарья Сергеевна Сташкевич, кандидат биологических наук, доцент, декан биологического факультета, Челябинский государственный университет (Российская Федерация, 454001, г. Челябинск, ул. Братьев Кашириных, 129), [ORCID](#), [SPIN-код](#), [stashkevich_dary@mail.ru](mailtostashkevich_dary@mail.ru)

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the Authors:

Ekaterina Vyacheslavovna Zabelina, Dr. Sci. (Psychology), Associate Professor, Professor of the Department of Psychology, Institute of Education and Practical Psychology, Chelyabinsk State University (129, Bratyev Kashirinykh Str., Chelyabinsk, 454001, Russian Federation), [ORCID](#), [SPIN-code](#), [katya_k@mail.ru](mailtokatya_k@mail.ru)

Elena Andreevna Kuba, Senior Lecturer, Special and Clinical Psychology Department, Institute of Education and Practical Psychology, Chelyabinsk State University (129, Bratyev Kashirinykh Str., Chelyabinsk, 454001, Russian Federation), [ORCID](#), [SPIN-code](#), [ipipele@mail.ru](mailtoipipele@mail.ru)

Yulia Yurievna Filippova, Dr. Sci. (Biology), Associate Professor, Professor of the Department of Microbiology, Immunology, and General Biology, Biological Faculty, Chelyabinsk State University (129, Bratyev Kashirinykh Str., Chelyabinsk, 454001, Russian Federation), [ORCID](#), [SPIN-code](#), [julse@rambler.ru](mailtojulse@rambler.ru)

Ekaterina Gennadievna Denisova, Cand. Sci. (Psychology), Associate Professor of the Psychophysiology and Clinical Psychology Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), [ORCID](#), [SPIN-code](#), [keithdenisova@gmail.com](mailtokeithdenisova@gmail.com)

Irina Aleksandrovna Trushina, Cand. Sci. (Pedagogy), Associate Professor, Director of the Institute of Education and Practical Psychology, Chelyabinsk State University (129, Bratyev Kashirinykh Str., Chelyabinsk, 454001, Russian Federation), [ORCID](#), [SPIN-code](#), [trushina_ia@mail.ru](mailtotrushina_ia@mail.ru)

Daria Sergeevna Stashkevich, Cand. Sci. (Biology), Associate Professor, Dean of the Faculty of Biology, Chelyabinsk State University (129, Bratyev Kashirinykh Str., Chelyabinsk, 454001, Russian Federation), [ORCID](#), [SPIN-code](#), [stashkevich_dary@mail.ru](mailtostashkevich_dary@mail.ru)

Conflict of Interest Statement: the authors declare no conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.

Поступила в редакцию / Received 10.08.2025

Поступила после рецензирования / Revised 14.10.2025

Принята к публикации / Accepted 19.10.2025