



ВЛИЯНИЕ ПОЛА И КОГНИТИВНОГО СТИЛЯ НА ОСОБЕННОСТИ ДВИЖЕНИЙ ГЛАЗ ПРИ НАВИГАЦИИ ПО КАРТЕ

КУШНИР А.Б.

Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии Российской академии наук (ИВНД и НФ РАН), г. Москва, Российская Федерация
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4627-9484>, e-mail: naya.kushnir@gmail.com

МИХАЙЛОВА Е.С.

Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии Российской академии наук (ИВНД и НФ РАН), г. Москва, Российская Федерация
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5098-1909>, e-mail: esmikhailova@mail.ru

ГЕРАСИМЕНКО Н.Ю.

Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии Российской академии наук (ИВНД и НФ РАН), г. Москва, Российская Федерация
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3864-4509>, e-mail: nger@mail.ru

В настоящей работе с помощью регистрации движений глаз у 40 здоровых испытуемых (20 мужчин, 20 женщин, возраст $24,3 \pm 0,8$ года) оценивали влияние пола и когнитивного стиля на выполнение задачи навигации по картам с разными типами меток (объектные, вербальные, без меток). Когнитивные стили (объектный, пространственный, вербальный) оценивали при помощи опросника Blazhenkova и Kozhevnikov [2009]. Только у мужчин наблюдалось уменьшение количества фиксаций при воспроизведении маршрута по сравнению с его запоминанием; женщины отличались от мужчин большей длительностью саккад. Для испытуемых с пространственным стилем характерна меньшая длительность саккад по сравнению с объектным. В группах с пространственным и вербальными стилями количество фиксаций выше для карт с вербальными метками по сравнению с другими типами карт. Показана связанность пола и когнитивного стиля в ходе анализа данных опросника и количества фиксаций. Однако влияние пола и стиля не идентично. От пола зависит динамика движений глаз при выполнении различных задач (изучение карты, запоминание и воспроизведение маршрута), а когнитивный стиль определяет окуломоторную активность при навигации на картах с разным типом меток.

Ключевые слова: навигация, карты, пол, когнитивный стиль, движения глаз.

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства образования и науки Российской Федерации на 2021–2023 годы.

Для цитаты: Кушнир А.Б., Михайлова Е.С., Герасименко Н.Ю. Влияние пола и когнитивного стиля на особенности движений глаз при навигации по карте // Экспериментальная психология. 2024. Том 17. № 2. С. 10–28. DOI: <https://doi.org/10.17759/exppsy.2024170201>



THE INFLUENCE OF SEX AND COGNITIVE STYLE ON EYE MOVEMENT PATTERNS DURING MAP NAVIGATION

ANASTASIA B. KUSHNIR

Institute of Higher Nervous Activity & Neurophysiology of RAS, Moscow, Russia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4627-9484>, e-mail: naya.kushnir@gmail.com

ELENA S. MIKHAILOVA

Institute of Higher Nervous Activity & Neurophysiology of RAS, Moscow, Russia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5098-1909>, e-mail: esmikhailova@mail.ru

NATALIA YU. GERASIMENKO

Institute of Higher Nervous Activity & Neurophysiology of RAS, Moscow, Russia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3864-4509>, e-mail: nger@mail.ru

We investigated the effects of sex and cognitive style on performance in the map navigation task with various label types (object labels, verbal labels, no labels) in 40 healthy participants (20 men, 20 women, age $24,3 \pm 0,8$) using eye tracking. The cognitive styles (object, spatial, verbal) were assessed using a questionnaire developed by Blazhenkova and Kozhevnikov [2009]. Only men had a reduced number of fixations during route reproduction compared to route memorization; women had longer saccade durations than men. Participants with spatial cognitive style showed shorter saccade duration compared to object cognitive style. Participants with spatial and verbal cognitive styles had more fixations on maps with verbal labels than on the other maps. Analysis of questionnaire and the number of fixations has demonstrated the link between sex and cognitive style, but the effects of sex and cognitive style are not identical. Sex affects eye movements during the performance of different tasks (map familiarization, route memorization, and route reproduction), while cognitive style determines eye movements during navigation on maps with different types of labels.

Keywords: navigation, maps, sex, cognitive style, eye movement.

Funding. The article was prepared in full within the state assignment of Ministry of Education and Science of the Russian Federation for 2021–2023.

For citation: Kushnir A.B., Mikhailova E.S., Gerasimenko N.Yu. The Influence of Sex and Cognitive Style on Eye Movement Patterns during Map Navigation. *Ekspierimental'naya psikhologiya = Experimental Psychology (Russia)*, 2024. Vol. 17, no. 2, pp. 10–28. DOI: <https://doi.org/10.17759/exppsy.2024170201> (In Russ.).

Введение

В литературе, посвященной навигационному поведению, часто обсуждается вопрос о влиянии на него биологически (пол, возраст) и экологически (внешняя среда, опыт) обусловленных факторов [21; 22; 32; 35].

Ряд авторов поддерживают точку зрения об определяющем влиянии пола на процесс навигации в пространстве [23; 27; 32]. Так, мужчины лучше ориентируются в незнакомой местности [13], быстрее проходят виртуальные лабиринты, используя более короткие маршруты для достижения цели [13; 19], и лучше воспринимают навигационные инструкции, использующие направления и конкретные расстояния, что позволяет более успешно выполнять навигационные задачи в аллоцентрической перспективе и читать карты мест-



ности [32; 42]. Преимуществом женщин является лучшее выполнение задач на запоминание положения объектов, как в двухмерном, так и в трехмерном пространстве [10], поэтому женщины запоминают значительно больше меток на маршруте по сравнению с мужчинами [46], а при прохождении лабиринтов пользуются бóльшим количеством ранее пройденных и запомненных маршрутов [13].

Вместе с тем многие из этих авторов, обсуждая различия навигационного поведения мужчин и женщин поднимают вопрос о специфике используемых ими навигационных стратегий [10; 17; 25; 32; 42]. Если обратиться к литературе, то прежде всего необходимо выделить аллоцентрическую и эгоцентрическую стратегии [5; 8; 21; 22; 32; 44]. Эти две стратегии различаются по способу кодирования пространственной информации в соответствующих системах отсчета [8; 36; 44]. Так, аллоцентрическая стратегия, предпочтительно используемая мужчинами, основывается на сканировании пространства в аллоцентрической перспективе (вид сверху) и последующем построении когнитивной карты, в которой учитываются пространственная геометрия, кардинальные направления и метрические характеристики, в том числе евклидовы координаты [17; 24; 25; 26; 31; 44]. Эгоцентрическая навигационная стратегия, чаще предпочитаемая женщинами, основывается на кодировании отдельных ориентиров относительно самого субъекта навигации и других ближайших к нему объектов, т.е. в эгоцентрической перспективе [17; 24; 26; 44; 31]. Термин «ориентир» в литературе применяется очень широко и обозначает любой визуальный стимул в среде, который потенциально может повлиять на навигацию [14; 18; 33]. Было продемонстрировано, что ориентиры в точках принятия решений (например, когда требуется совершить поворот) запоминаются более надежно, по сравнению с теми, что расположены между точками принятия решения [14; 34; 45]. Показано, что для успешной навигации необходимо одновременно использовать информацию, поступающую от нескольких ориентиров [18]. В целом, пространство, закодированное при использовании эгоцентрической стратегии, представляет собой набор маршрутов или когнитивных графов [32; 39], проведенных в эгоцентрической перспективе от одного ориентира до другого.

В литературе также представлены сведения об иных принципах выделения пространственных стратегий или когнитивных стилей. Так, в экспериментальных исследованиях [11; 38], в которых испытуемые выполняли задачу навигации по карте, авторы используют разделение на вербальный (verbal), объектный (object) и пространственный (spatial) когнитивные стили, предложенные Blazhenkova и Kozhevnikov [9]. Данное разделение, основанное на предпочтении и последовательности в обработке визуальной и вербальной информации, часто используют при исследованиях на группах студентов, обучающихся по разным направлениям: так, например, среди лингвистов и студентов других гуманитарных направлений в основном встречаются люди с вербальным стилем; среди обучающихся по направлению естественных наук и среди художников преобладают те, кто преимущественно опирается на объектный стиль, а среди инженеров и архитекторов — пространственные визуализаторы [26]. Резюмируя информацию относительно когнитивных стилей и упомянутых выше стратегий, можно сказать, что пространственный стиль предполагает использование элементов аллоцентрической стратегии, в то время как объектный стиль — элементов эгоцентрической стратегии. Вербальный когнитивный стиль может рассматриваться в контексте как аллоцентрической, так и эгоцентрической стратегий ввиду того, что вербальные обозначения используются и при описании метрической информации и кардинальных направлений, и при описании отдельных ориентиров и их взаимоотношений.



Судя по литературным источникам, остается не до конца ясным, как пол и когнитивный стиль/стратегия навигационного поведения влияют на процесс навигации по карте, можно ли выделить среди них тот фактор, который оказывает большее воздействие на выполнение этой задачи. Исходя из этого, была поставлена цель настоящей работы, а именно: по результатам регистрации движений глаз оценить влияние пола и используемого когнитивного стиля на процесс навигации по картам городской местности разного типа. Используемые нами карты различались по типу меток (без меток, с объектными метками, с вербальными метками и с двумя типами меток), что позволяет оценить наличие или отсутствие характерных параметров движений глаз у людей, использующих различные когнитивные стили или стратегии. Сама методика навигации по карте была выбрана потому, что в ней сочетаются элементы, присущие как аллоцентрической, так и эгоцентрической стратегиям. Как известно, навигация по карте требует использования аллоцентрических перспектив [26], но в то же время на ней присутствуют ориентиры, необходимые при эгоцентрической навигации. Учитывая, что степень влияния стратегии может зависеть от варианта выполняемой задачи [31; 35], мы использовали несколько навигационных задач, а именно: ознакомление с картой, запоминание маршрута на карте и его воспроизведение.

Выбранный нами метод регистрации движений глаз позволяет провести непосредственную оценку направления взгляда, выделить наиболее значимую визуальную информацию при восприятии объекта или сцены, вследствие чего получить информацию, достаточную для построения пространственных карт [1; 41].

Методика

В исследовании приняли участие 40 здоровых испытуемых (20 мужчин, 20 женщин) с нормальным или скорректированным до нормы зрением, имеющих высшее образование. Средний возраст испытуемых составил $24,25 \pm 0,79$ года. Согласно информации, полученной от испытуемых, 34 из них были правшами, 4 — левшами, 1 — переученный левша, 1 — амбидекстр. С помощью метода Долмана [19] была проведена оценка ведущего глаза, по результатам которой у 26 испытуемых ведущим был правый глаз, у 14 — левый. Экспериментальное исследование было одобрено этической комиссией ИВНД и НФ РАН, протокол № 4 от 26.10.2021 г.

В процессе эксперимента испытуемый располагался на расстоянии 57 см от экрана монитора MultiSync EA193mi (диагональ 19", разрешение экрана 1280×1024 , частота 60 Гц). Освещенность на уровне глаз составляла 10 лк. Движения глаз регистрировали при помощи айтрекера SmartEye Pro 5,9 (пространственное разрешение — 0,5 град., частота — 60 Гц, SMART EYE AB, Швеция) и программного обеспечения GazeTracker 9,0 (Eyetelect, LLC, США). Для исключения двигательных артефактов голова испытуемого фиксировалась на подбородочной опоре. Непосредственно перед началом эксперимента проводили калибровку оборудования при просмотре стимульного изображения на мониторе.

В качестве стимулов использовали предварительно обработанные в программе Photoshop CS6 карты городской местности (размер $37,5 \times 30$ град.), основанные на карте города Лимбург-ан-дер-Лан (Германия) и его окрестностей. Данная область была выбрана, чтобы избежать предварительного знакомства испытуемого с местностью. Всего было создано 16 стимульных изображений — для каждой из 4 карт местности использовали 4 типа меток: без меток, с объектными метками, с вербальными метками, с двумя типами меток (рис. 1А). На каждую карту с объектными метками наносили по 10 условных обозначений



ний (например, «музей», «информационный пункт», «аптека» и пр.). На каждую карту с вербальными метками наносили по 20 нейтральных названий улиц, таких как «Озерная», «Школьная», «Северная» и пр. Такой тип карт используется во многих экспериментальных исследованиях [37; 40; 45]. Для выполнения задачи запоминания маршрута на каждую карту наносили штриховую линию маршрута синего цвета. Каждый маршрут включал в себя от 10 до 14 поворотов и не имел пересечений с самим собой. Средняя протяженность маршрута составляла 81,5 град.

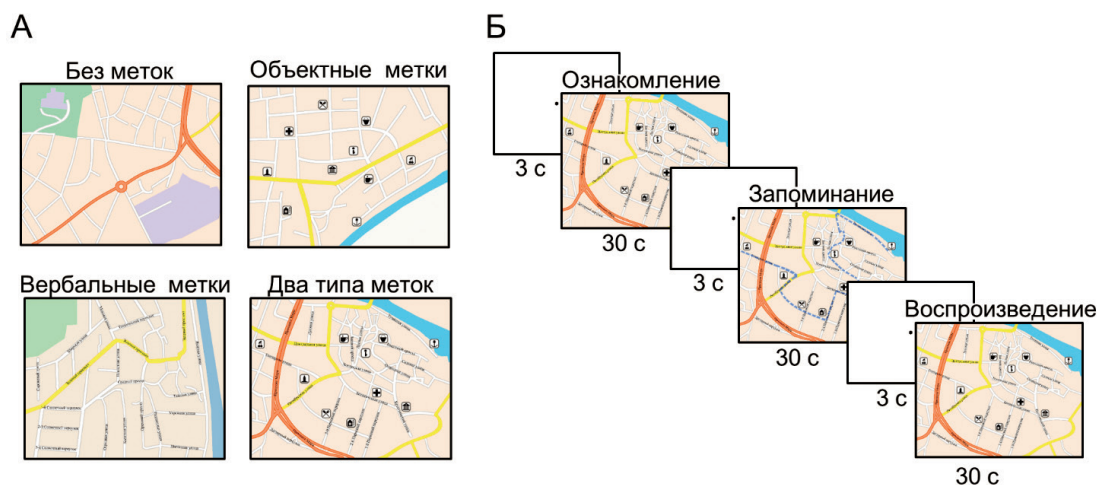


Рис. 1. Примеры задач навигации по карте: А – тип карт; Б – схема блока эксперимента

Эксперимент состоял из 4 блоков зрительно-пространственных задач, отличавшихся по типу меток на картах: без меток, с объектными метками, с вербальными метками, с двумя типами меток. Каждый блок представлял собой 3 последовательно выполняемых задачи: 1) ознакомление с картой городской местности; 2) запоминание маршрута, нанесенного штриховой линией синего цвета на эту карту; 3) зрительное воспроизведение маршрута на ней же, но уже без нанесенного маршрута (рис. 1Б). Длительность каждой задачи составляла 30 с. Перед каждым предъявлением карты в центре экрана на 3 с предъявлялась фиксационная точка. Между блоками испытуемым демонстрировали сообщение с предложением сделать перерыв, во время которого они могли снять голову с подбородочной опоры. Эксперимент продолжался после того, как испытуемый возвращал голову на подбородочную опору и нажимал специальную клавишу на расположенной перед ним клавиатуре. Последовательность выполнения блоков задач с разными вариантами меток на карте была псевдорандомизирована.

Испытуемые были заранее проинструктированы о ходе эксперимента. Непосредственно перед выполнением задачи ознакомления с картой на экране демонстрировали текст инструкции с предложением изучить условные обозначения (в блоках задач с объектными метками и двумя типами меток), затем – изучить карту городской местности; а перед выполнением задач запоминания и воспроизведения маршрута – запомнить и затем максимально точно взглядом воспроизвести запомненный маршрут на карте. Общее время эксперимента составляло около 10 минут.

По завершении эксперимента испытуемые заполняли опросник Object-Spatial Imagery and Verbal Questionnaire (OSIVQ) [9] для оценки когнитивного стиля. В опрос-



нике выделяют три шкалы, соответствующие вербальному (verbal), объектному (object) и пространственному (spatial) стилям. Различия между шкалами оценивали при помощи ANOVA RM с факторами «Когнитивный стиль» (3 уровня) и «Пол». Полученные результаты были использованы для разделения всей группы испытуемых на отдельные кластеры. В качестве меры близости наборов характеристик участников в двумерном пространстве данных использовали евклидово расстояние (Euclidean distance), в качестве «правила объединения» использовали метод Варда. Для оценки количественных различий в представленности мужчин и женщин в кластерах использовали точный метод Фишера. Для уточнения различий заполнения опросников между кластерами использовали T-test.

Обработка полученных в результате записи данных проводилась при помощи программы OGAMA 5.1 (Freie Universität, Германия). Оценивались такие характеристики движений глаз, как количество фиксаций, длительность фиксаций (мс), длительность саккад (мс) и амплитуда саккад (град.). Для оценки параметров движений глаз с помощью ANOVA RM использовали 2 схемы анализа, в зависимости от фактора межгрупповой варируемости: 1) «Пол»; 2) «Кластер». Внутригрупповую варируемость оценивали с помощью факторов «Карта» (4 уровня: без меток, с объектными метками, с вербальными метками, с двумя типами меток) и «Задача» (3 уровня: ознакомление с картой, запоминание маршрута, воспроизведение маршрута). Для анализа контрастов использовали тест Тьюки. Статистический анализ проводили с помощью программного обеспечения STATISTICA 12 (StatSoft).

Результаты

Анализ данных опросника

При проведении дисперсионного анализа с факторами «Когнитивный стиль» и «Пол» для шкал OSIVQ (объектный, пространственный и вербальный стили) получены следующие результаты. Показан основной эффект когнитивного стиля: $F = 8,29$; $df = 2,76$; $p < 0,001$ — и его взаимодействие с фактором «Пол»: $F = 5,54$; $df = 2,76$; $p = 0,006$, — что проявлялось в виде большего количества баллов по шкале объектного стиля по сравнению с пространственным ($p < 0,001$) и вербальным ($p = 0,002$) стилями только в группе женщин (рис. 2).

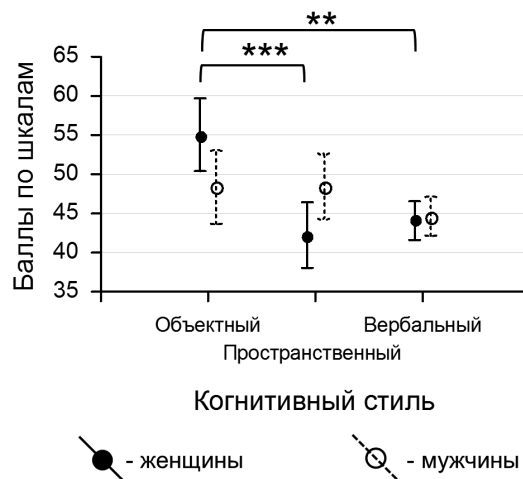


Рис. 2. Половые различия оценок когнитивных стилей: по вертикали — баллы по шкалам; по горизонтали — когнитивный стиль; достоверность различий: «**» — $p < 0,01$; «***» — $p < 0,001$



В результате кластерного анализа было выделено 3 кластера (табл. 1). Как видно из табл. 1, кластеры разбиваются по преимуществу оценок для разных когнитивных стилей, а именно: 1-й кластер (5 мужчин, 12 женщин) демонстрировал большие показатели по объективному стилю по сравнению с другими стилями; 2-й кластер (14 мужчин, 4 женщины) – по пространственному стилю; 3-й кластер (1 мужчина, 4 женщины) – по вербальному стилю. Согласно результатам точного метода Фишера, во 2-м кластере преобладали мужчины, в отличие от 1-го ($\varphi_{эмп}^* = 2,99; p < 0,01$) и 3-го ($\varphi_{эмп}^* = 2,44; p < 0,01$) кластеров, где преобладали женщины.

Таблица 1

Описательные статистики данных опросника внутри кластеров

Когнитивный стиль	Кластеры		
	Кл. 1 (N = 17)	Кл. 2 (N = 18)	Кл. 3 (N = 5)
Объектный стиль	61,41 ± 1,98	46,72 ± 1,50	36,60 ± 2,98
Пространственный стиль	39,29 ± 1,93	53,11 ± 1,36	38,20 ± 1,98
Вербальный стиль	43,76 ± 1,49	45,50 ± 1,14	42,40 ± 2,04

Для уточнения различий между кластерами по результатам заполнения опросников проведен T-test. Отмечено большее количество баллов по шкале объектного стиля у 1-го кластера по сравнению с 2-м ($T = 7,58; df = 33; p < 0,001$) и 3-м ($T = 9,16; df = 20; p < 0,001$), а также большее количество баллов по шкале пространственного стиля для 2-го кластера по сравнению с 1-м ($T = 5,89; df = 33; p < 0,001$) и 3-м ($T = 5,31; df = 21; p < 0,001$).

Анализ параметров движений глаз

Были проведены 2 схемы дисперсионного анализа с повторными измерениями с учетом факторов межгрупповой вариабельности «Пол» и «Кластер». В качестве факторов внутригрупповой вариабельности выступали – «Карта» (4 уровня: без меток, с объективными метками, с вербальными метками, с двумя типами меток) и «Задача» (3 уровня: ознакомление с картой, запоминание маршрута, воспроизведение маршрута). Анализировали количество фиксаций (КФ), длительность фиксаций (ДФ), длительность саккад (ДС), амплитуду саккад (АС). Результаты анализа представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты ANOVA RM характеристик движений глаз для групп, разделенных по признаку пола и когнитивного стиля

Вариант анализа	Факторы	F	df	p
Количество фиксаций				
Пол	Карта	11,96	3, 108	<0,001
	Задача	16,65	2, 72	<0,001
	Задача × Пол	3,78	2, 72	0,03
Кластеры OSIVQ	Карта	15,53	3, 105	<0,001
	Карта × Кластер	2,77	6, 105	0,01
	Задача	8,67	2, 70	<0,001
Длительность фиксаций				



Вариант анализа	Факторы	F	df	p
Пол	Карта	4,67	3, 108	0,004
	Задача	12,28	2, 72	<0,001
Кластеры OSIVQ	Карта	5,51	3, 105	0,001
	Задача	6,47	2, 70	0,003
Длительность саккад				
Пол	Пол	9,55	1, 36	0,004
	Карта	2,98	3, 108	0,03
	Задача	16,97	2, 72	<0,001
Кластеры OSIVQ	Кластер	4,26	2, 35	0,02
	Карта	3,32	3, 105	0,02
	Задача	16,22	2, 70	<0,001
	Карта × Задача	2,84	6, 210	0,01
	Карта × Задача × Кластер	1,95	12, 210	0,03
Амплитуда саккад				
Пол	Карта	16,96	3, 108	<0,001
	Задача	183,88	2, 72	<0,001
	Карта × Задача	10,37	6, 216	<0,001
OSIVQ	Карта	15,65	3, 105	<0,001
	Задача	122,18	2, 70	<0,001
	Карта × Задача	8,66	6, 210	<0,001
	Карта × Задача × Кластер	2,02	12, 210	0,02

Анализ количества фиксации (КФ). Для КФ показаны основные эффекты факторов «Карта» и «Задача» при обеих схемах дисперсионного анализа. Влияние фактора «Карта» ($p < 0,001$) проявлялось в виде большего КФ для карт с вербальными метками и двумя типами меток по сравнению с картами без меток ($p < 0,05$) и с объектными метками ($p < 0,001$). Эффект фактора «Задача» ($p < 0,001$) проявлялся как уменьшение КФ при воспроизведении маршрута по сравнению с ознакомлением ($p < 0,01$) и запоминанием ($p < 0,001$). Показано взаимодействие факторов — Карта × Кластер ($p = 0,01$). При этом у испытуемых из 3-го кластера, отмечено значимое увеличение КФ для карт с вербальными метками по сравнению с объектными ($p = 0,03$), а также для карт с двумя типами меток по сравнению с картами с объектными метками ($p = 0,01$) и без меток ($p = 0,03$). Для 2-го кластера более высокие значения КФ отмечены только для карт с вербальными метками по сравнению с картами с объектными метками ($p = 0,01$) (рис. 3). Показано взаимодействие — Задача × Пол ($p = 0,03$): только в группе мужчин отмечено значимое уменьшение КФ при воспроизведении по сравнению с ознакомлением ($p = 0,004$) и запоминанием маршрута ($p < 0,001$).

Для уточнения связанности эффектов «Пол» и «Кластер» дополнительно был проведен анализ MANOVA по двум схемам: 1) с учетом факторов «Карта» (4 уровня), «Пол» и «Кластер» отдельно для задач каждого типа; 2) с учетом факторов «Задача» (3 уровня), «Пол» и «Кластер» отдельно для каждого из типа карт. При анализе отдельно для каждой задачи для ознакомления было выявлено взаимодействие — Карта × Пол × Кластер ($F = 3,17$; $df = 6,96$; $p = 0,007$). При анализе для каждого типа карт было выявлено взаимодействие — Пол × Кластер ($F = 3,14$; $df = 2,34$; $p = 0,05$ — для карт без меток; $F = 3,78$; $df = 2,33$; $p = 0,03$ — для карт с объектными метками).

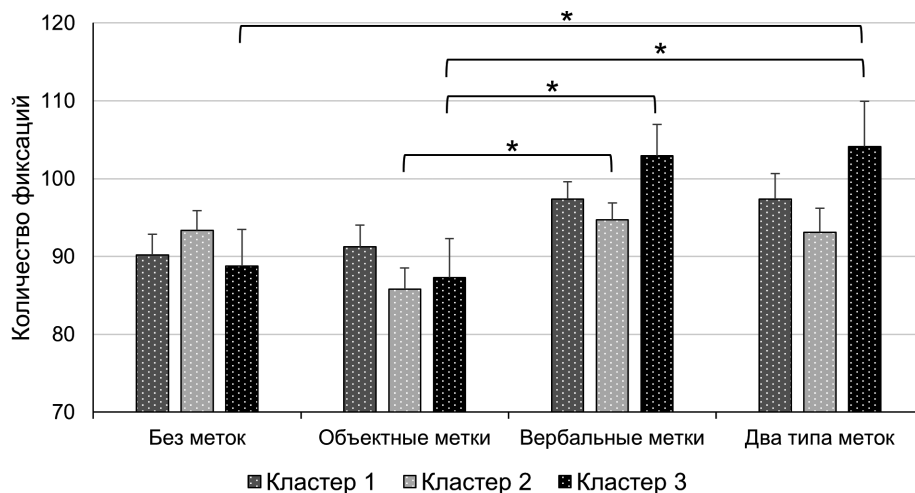


Рис. 3. Количество фиксации для карт с разными метками в кластерах по OSIVQ (1 – объектный, 2 – пространственный, 3 – вербальный). Приведены данные, усредненные через все задачи: по вертикали – количество фиксации; по горизонтали – тип карты; достоверность различий: «*» – $p < 0,05$

Анализ длительности фиксации (ДФ). При анализе ДФ выявлены основные эффекты факторов «Карта» и «Задача» ($p < 0,01$). При анализе в группах, разделенных по полу и по когнитивному стилю, была отмечена большая ДФ для карт с объектными метками по сравнению с картами с вербальными метками ($p < 0,05$) и двумя типами меток ($p < 0,01$). Эффект фактора «Задача» проявлялся в виде увеличения ДФ при воспроизведении по сравнению с ознакомлением ($p < 0,01$) и запоминанием ($p < 0,001$).

Анализ длительности саккад (ДС). Показана большая ДС у женщин по сравнению с мужчинами. Также большая ДС показана для 1-го кластера по сравнению со 2-м ($p = 0,01$) (рис. 4). Сходно с КФ и ДФ, для ДС при обоих вариантах анализа (разделение групп по кластерам и по полу) показаны основные эффекты факторов «Карта» ($p < 0,05$) и «Задача» ($p < 0,001$). Эффект фактора «Карта» проявлялся как более высокая ДС для карт без меток по сравнению с картами с вербальными метками ($p < 0,05$). Эффект фактора «Задача» проявлялся как большая ДС при ознакомлении по сравнению с запоминанием ($p < 0,001$) и воспроизведением ($p < 0,001$) маршрута. Для варианта анализа с кластерами показано взаимодействие – Карта \times Задача. Значимое снижение ДС при запоминании по сравнению с ознакомлением отмечено только для карт без меток ($p = 0,007$). В то время как снижение ДС при воспроизведении по сравнению с ознакомлением показано как для карт без меток ($p < 0,001$), так и для карт с объектными метками ($p = 0,04$). Также было выявлено тройное взаимодействие – Карта \times Задача \times Кластер. Так, только в 3-м кластере показана большая ДС при ознакомлении для карт без меток по сравнению с другими типами карт ($p < 0,01$). На этапе ознакомления с картой ДС больше для 3-го кластера по сравнению со 2-м ($p = 0,02$).

Анализ амплитуды саккад (АС). При анализе в группах, разделенных по когнитивному стилю и по полу показаны основные эффекты факторов «Карта», «Задача» и их взаимодействие ($p < 0,001$). Отмечена большая АС для карт без меток по сравнению с картами с вербальными метками ($p < 0,01$) и двумя типами меток ($p < 0,01$), а также для карт с объектными метками по сравнению с картами с вербальными и двумя типами меток ($p < 0,001$).

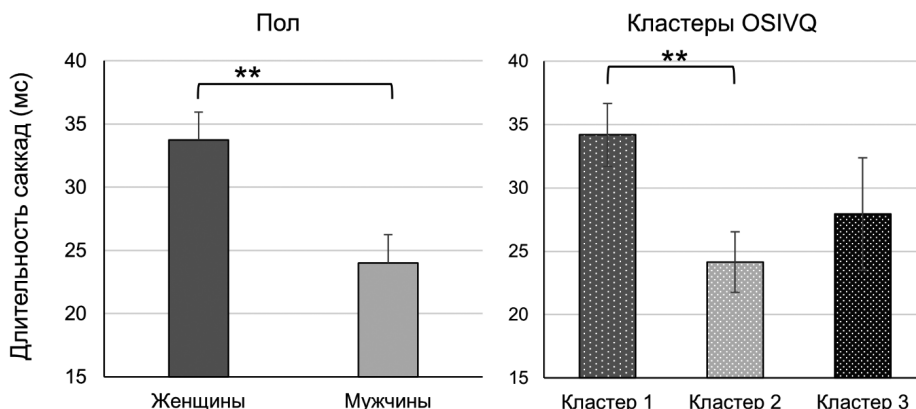


Рис. 4. Межгрупповые различия длительности саккад: по вертикали — длительность саккад (мс); по горизонтали — группы; кластеры: 1 — объектный, 2 — пространственный, 3 — вербальный; достоверность различий: «**» — $p < 0,01$

Эффект фактор «Задача» проявлялся как снижение АС при воспроизведении маршрута по сравнению с ознакомлением с картой ($p < 0,001$). Зависимость АС от фактора «Задача» была неодинаковой для разных типов карт ($p < 0,001$). Наибольшие различия были продемонстрированы при выполнении задачи ознакомления: для карт без меток и с объектными метками наблюдали большую АС по сравнению с картами с вербальными метками ($p < 0,001$). Отмечено тройное взаимодействие — Карта \times Задача \times Кластер ($p < 0,001$), что проявлялось как неодинаковая зависимость АС от фактора «Задача» для разных типов карт. Так, для 2-го кластера значимыми оказались все *post-hoc* сопоставления ($p < 0,001$), т. е. значительно различались все задачи для каждого типа карты, и все карты для каждого типа задачи. Для 1-го кластера так же сохранялась эта зависимость, но отсутствовали различия между задачей ознакомления и воспроизведения для карт с вербальными метками. 3-й кластер характеризовался наименьшим количеством значимых контрастов: большая АС при ознакомлении по сравнению с запоминанием сохранялась только для карт без меток ($p < 0,001$).

Обсуждение

Настоящее исследование с регистрацией движений глаз имело своей целью анализ особенностей навигации по картам местности в зависимости от пола и когнитивного стиля, для определения которого испытуемые заполняли опросник OSIVQ [9], а полученные данные подвергали кластерному иерархическому анализу. Выделенные кластеры соответствовали объектному, пространственному и вербальному когнитивным стилям. Так как пространственный стиль использует элементы аллоцентрической навигационной стратегии, а объектный стиль использует элементы эгоцентрической навигационной стратегии, при обсуждении результатов приведенные термины «когнитивный стиль» и «стратегия» используются в равной степени.

При анализе движений глаз учитывали факторы типа карты (без меток, с объектными метками, вербальными метками и двумя типами меток) и выполняемой задачи (ознакомление с картой, запоминание и воспроизведение маршрута).

В первую очередь необходимо отметить закономерности работы с картами разного типа, не связанные со стилем/стратегией или полом. Карты с объектными метками и без



меток по сравнению с картами с вербальными метками характеризуются меньшим количеством фиксаций, большей амплитудой саккад, а также большей длительностью как фиксаций, так и саккад. Данный эффект можно сопоставить с различиями между процессом рассматривания визуальных объектов и чтением [2; 6; 20]. Сходство глазодвигательных коррелятов для карт без меток и карт с объектными метками можно объяснить тем, что при их прочтении преимущественно используется эгоцентрическая навигационная стратегия, опирающаяся на информацию об отдельных ориентирах и о пройденном маршруте, который кодируется как последовательность ориентиров и поворотов на нем [18].

В работе были обнаружены различия глазодвигательных характеристик при выполнении разных задач. При ознакомлении наблюдаются более низкие показатели количества и длительности фиксаций, но более высокие показатели длительности и амплитуды саккад по сравнению с другими задачами. Для запоминания характерны более высокие показатели количества фиксаций, более низкие — для длительности фиксаций и саккад. При этом амплитуда саккад ниже по сравнению с ознакомлением, и выше по сравнению с воспроизведением. При воспроизведении количество фиксаций, длительность и амплитуда саккад снижаются, длительность фиксаций, напротив, нарастает. Эти связанные с типом задачи различия иллюстрируют изменение сложности задач [32]. Полученные нами данные о большей длительности саккад при ознакомлении с картой сопоставимы с результатами работы Колтуновой с соавторами [3], в которой были описаны более длительные следящие движения глаз при выполнении задачи пассивной навигации по сравнению с активной. Согласно литературным сведениям, длительность фиксаций, как показатель глазодвигательной активности, может быть интерпретирована как характеристика уровня сложности когнитивной нагрузки. Так, например, при выполнении задачи навигации в реальном времени, заключающейся в прохождении маршрута, испытуемые совершали более длинные фиксации на ранних и поздних участках маршрута, которые считаются более сложными по сравнению со средней частью пути [15]. Также стоит отметить, что большая длительность саккад при ознакомлении по сравнению с задачами запоминания и воспроизведения маршрута сопоставима с анализом следящих движений глаз.

Значимые межгрупповые различия были обнаружены при анализе саккадических движений: показана большая длительность саккад: 1) у женщин по сравнению с мужчинами; 2) у испытуемых, использующих объектный стиль, в сравнении с группой пространственного стиля. Часто в работах по анализу навигационного поведения не обнаруживают половые различия саккадических движений [16]. Но они обнаруживаются при выполнении других зрительно-пространственных задач. Например, при просмотре (viewing) внутреннего интерьера [7], а также при прочтении электронных медицинских карт, где женщины отличались от мужчин большими длительностью и амплитудой саккад [43]. Межгрупповые различия саккадических движений описаны для групп испытуемых, различающихся по возрасту [29]. Например, в работе Irving с коллегами было обнаружено увеличение длительности саккад при вождении у пожилых людей, что авторы связали с возрастным ухудшением в использовании аллоцентрической навигационной стратегии [29]. Так как полученные в нашем исследовании половые различия были найдены при выполнении задач с картами, которые в нашем эксперименте представлены в аллоцентрической перспективе (вид сверху), можно предположить, что обнаруженные различия могут быть связаны с затруднениями чтения карт у испытуемых-женщин. В пользу этого говорит результат исследования Haggis с соавторами, в котором, несмотря на отсутствие различий по времени и



точности определения кардинальных направлений у мужчин и женщин, аллоцентрическая перспектива значительно ухудшала работоспособность у женщин [26].

Взаимодействие когнитивного стиля и типа карты отмечено при анализе количества фиксации. Только в группах, использующих вербальный и пространственный когнитивные стили, отмечено значимое увеличение количества фиксации для карт с вербальными метками, по сравнению другими вариантами карт. Для объектного стиля в целом характерно сопоставимое количество фиксации для всех типов карт. Можно предположить, что полученный результат связан с большим вниманием к вербальным меткам у лиц, использующих вербальный и пространственный когнитивный стили, по сравнению с людьми, использующими объектный стиль. Последние, хоть и обращаются к вербальным меткам в процессе чтения карты, но в меньшей степени используют их при навигации. Сходные данные были получены в работе Hoffler с коллегами, в которой сравнивали показатели направленного внимания к вербальным и визуальным характеристикам учебного материала. Было показано, что люди, использующие объектный стиль, больше фиксируются на изображениях, представленных в учебниках, по сравнению с людьми, использующими пространственный стиль [28].

Анализ взаимодействия пола и задачи для отдельных характеристик движений глаз показал, что только в группе мужчин значимо уменьшается количество фиксации при воспроизведении маршрута. Предположительно, данный эффект связан с лучшим выполнением задачи у мужчин по сравнению с женщинами, так как известно, что меньшее количество фиксации связано с успешностью выполнения задачи [12; 46]. Ранее мы также обнаружили зависимость выполнения задач запоминания и воспроизведения маршрута от пола. Было показано, что мужчины совершают больше переходов между ближними и отдаленными от маршрута зонами при запоминании маршрута, тогда как женщины — при его воспроизведении [4]. Мы предположили, что эти различия в переходах между зонами связаны с необходимостью динамического обновления пространственной информации об окружающей среде. В задаче виртуальной навигации примером «динамического обновления» являются возвраты на ранее пройденные места, при совершении которых происходит своеобразная проверка местности [24]. Такое поведение некоторые авторы связывают с более высокой пространственной тревогой [24].

Интерес представляют данные, полученные при анализе взаимодействий факторов «Карта», «Задача» и «Кластер» («Когнитивный стиль»), выявленных при анализе саккадических движений. Здесь наибольший интерес представляет группа с вербальным когнитивным стилем, которая совершала наиболее длительные по времени и амплитуде саккады в задачах с картами без меток по сравнению с другими типами карт. Можно предположить, что полученный результат связан с большей концентрацией внимания при работе с данным типом карт, как наиболее сложным для этой группы испытуемых [30]. Мы предполагаем, что карты без меток являются наиболее трудными для вербализаторов, так как при выполнении зрительно-пространственных задач они меньше опираются на информацию об объектах, предпочитая текстовую информацию [28; 38]. Несмотря на отмеченное выше сходство параметров движений глаз для карт без меток и с объектными метками, при анализе последних у группы с вербальным стилем не было отмечено увеличение длительности и амплитуды саккад. Данный эффект можно объяснить успешной повторной обработкой пространственной информации, поступающей в форме, не соответствующей предпочитаемому когнитивному стилю [10]. То есть можно предположить, что кодирование объектных меток у этой группы происходило не в виде символов, а в виде их вербальных обозначений.



Оценка соотношения мужчин и женщин внутри кластеров показала преимущество женщин в группах объектного стиля, соответствующего эгоцентрической навигационной стратегии, и преимущество мужчин в группах пространственного стиля, соответствующего аллоцентрической стратегии. Это еще раз указывает на использование разных стратегий навигации мужчинами и женщинами. Данный результат соответствует точке зрения Coluccia и Louse о биологической природе половых различий в пространственных способностях, которые модифицируются опытом и обучением [21; 26]. Как считают некоторые авторы, при навигации мужчины более склонны к использованию аллоцентрической и метрической информации об окружающей среде, в то время как женщины чаще используют эгоцентрическую и топологическую информацию [26; 42]. При выполнении задач с картами, женщины вспоминают значительно больше ориентиров на маршруте, а мужчины — больше евклидовых параметров. При описании пройденного маршрута мужчины в большей степени используют аллоцентрические и евклидовы термины, в то время как женщины — эгоцентрические и объектно-ориентированные термины [26].

Заключение

В психофизиологическом эксперименте с регистрацией движений глаз исследовали влияние когнитивного стиля и пола на выполнение задачи навигации по картам городской местности. Когнитивные стили оценивали при помощи опросника Object-Spatial Imagery and Verbal Questionnaire [9] (объектный, пространственный и вербальный стили). Показана большая длительность саккад: 1) у женщин по сравнению с мужчинами; 2) у испытуемых, использующих объектный стиль, в сравнении с группой, использующей пространственный стиль. При анализе количества фиксаций выявлено взаимодействие когнитивного стиля и типа карты: только в группах, использующих вербальный и пространственный когнитивные стили, отмечено значимое увеличение фиксаций для карт с вербальными метками по сравнению другими вариантами карт. Анализ взаимодействия факторов пола и типа задачи показал, что только в группе мужчин значимо уменьшается количество фиксаций при воспроизведении маршрута. В целом, увеличение всех исследуемых параметров движений глаз можно связать с увеличением внимания к стимульному материалу, которое происходит либо из-за наличия на карте элементов, присущих когнитивному стилю испытуемого, либо из-за большей сложности выполнения задачи. Полученные нами различия между типами карт и выполняемой задачи зависели как от пола испытуемых, так и от используемого ими когнитивного стиля, исходя из чего можно сделать вывод о том, что оба фактора влияют на навигационное поведение. Показана связанность этих характеристик при анализе данных опросников, а также при анализе количества фиксаций. При этом пол влиял на связь количества фиксаций с типом выполняемой задачи, а когнитивный стиль влиял на зависимость количества фиксаций от типа меток на картах. Полученные в ходе настоящего исследования данные в дальнейшем могут быть использованы для разработки электронных навигационных систем, учитывающих индивидуальные особенности пользователя.

Литература

1. Барabanщиков В.А. Окуломоторная активность человека как предмет и метод психологического исследования // Айтрекинг в психологической науке и практике / Под ред. В.А. Барabanщиков. М.: Когито-Центр, 2015. С. 15–35.



2. Грачев В.И., Колесов В.В., Меньшикова Г.Я., Рябенков В.И. Физиологические аспекты восприятия визуальной информации глазодвигательным аппаратом // Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии. 2021. Том 13. № 3. С. 389–402.
3. Колтунова Т.И., Петрушан М.В., Самарин А.И. Особенности движений глаз при просмотре динамической виртуальной среды // Экспериментальная психология. 2012. Том 5. № 1. С. 23–34.
4. Кушнир А.Б., Михайлова Е.С., Герасименко Н.Ю., Казарезова И.А. Анализ движений глаз при выполнении задачи мысленного воспроизведения маршрута на карте городской местности. Влияние типа меток и пола // Сенсорные системы. 2023. Том 37. № 2. С. 138–151. DOI:10.31857/S0235009223020026
5. Меньшикова Г.Я., Савельева О.А., Ковязин М.С. Оценка успешности воспроизведения эгоцентрических и аллоцентрических пространственных репрезентаций при использовании систем виртуальной реальности // Национальный психологический журнал. 2018. Том 30. № 2. С. 113–122. DOI:10.11621/npj.2018.0212
6. Шеденко К.Ю., Анисимов В.Н., Латанов А.В. Глазодвигательные, электроэнцефалографические и вегетативные корреляты интереса при сочетанном предъявлении изображений и текста // Когнитивная наука в Москве: новые исследования: Материалы конференции, Москва, 23–24 июня 2021 года / Под ред. Е.В. Печенкова, М.В. Фаликман, А.Я. Койфман. М.: Буки Веди; Институт практической психологии психоанализа, 2021. С. 445–450.
7. Abdi Sargezeh B., Tavakoli N., Daliri M.R. Physiology & Behavior Gender-based eye movement differences in passive indoor picture viewing: An eye-tracking study // Physiology and Behavior. 2019. Vol. 206. P. 43–50. DOI:10.1016/j.physbeh.2019.03.023
8. Bécu M., Sheynikhovich D., Ramanoël S., Tatur G., Ozier-Lafontaine A., Authié C.N., Sahel J.A., Arleo A. Landmark-based spatial navigation across the human lifespan // Elife. 2023. Vol. 12. P. e81318. DOI:10.7554/eLife.81318
9. Blazhenkova O., Kozhevnikov M. The new object-spatial-verbal cognitive style model: Theory and measurement // Applied Cognitive Psychology. 2009. Vol. 23. № 5. P. 638–663. DOI:10.1002/acp.1473
10. Bocchi A., Palermo L., Boccia M., Palmiero M., D'Amico S., Piccardi L. Object recognition and location: Which component of object location memory for landmarks is affected by gender? Evidence from four to ten year-old children // Applied Neuropsychology: Child. 2020. Vol. 9. № 1. P. 31–40. DOI:10.1080/21622965.2018.1504218
11. Boccia M., Vecchione F., Piccardi L., Guariglia C. Effect of cognitive style on learning and retrieval of navigational environments // Frontiers in Pharmacology. 2017. Vol. 8. P. 496. DOI:10.3389/fphar.2017.00496
12. Boone A.P., Gong X., Hegarty M. Sex differences in navigation strategy and efficiency // Memory and Cognition. 2018. Vol. 46. № 6. P. 909–922. DOI:10.3758/s13421-018-0811-y
13. Boone A.P., Maghen B., Hegarty M. Instructions matter: Individual differences in navigation strategy and ability // Memory and Cognition. 2019. Vol. 47. № 7. P. 1401–1414. DOI:10.3758/s13421-019-00941-5
14. Borodaeva Z., Winkler S., Brade J., Klimant P., Jahn G. Spatial updating in virtual reality for reproducing object locations in vista space-boundaries, landmarks, and idiothetic cues // Frontiers in psychology. 2023. Vol. 14. P. 1144861. DOI:10.3389/fpsyg.2023.1144861
15. Brügger A., Richter K.-F., Fabrikant S.I. How does navigation system behavior influence human behavior? // Cognitive Research: Principles and Implications. 2019. Vol. 4. № 1. P. 5. DOI:10.1186/s41235-019-0156-5
16. Burggraaf R., Geest J.N. Van Der, Hooge I.T.C., Maarten A. Developmental changes in visual search are determined by changing visuospatial abilities and task repetition: a longitudinal study in adolescents // Applied Neuropsychology: Child. 2021. Vol. 10. № 2. P. 133–143. DOI:10.1080/21622965.2019.1627211
17. Castilla A., Berthoz A., Urukalo D., Zaoui, M., Perrochon, A., Kronovsek T. Age and sex impact on visuospatial working memory (VSWM), mental rotation, and cognitive strategies during navigation // Neuroscience Research. 2022. Vol. 183. P. 84–96. DOI:10.1016/j.neures.2022.07.007
18. Chan E., Baumann O., Bellgrove M.A., Mattingley J.B. From objects to landmarks: the function of visual location information in spatial navigation // Frontiers in Psychology. 2012. Vol. 3. P. 1–11. DOI:10.3389/fpsyg.2012.00304



19. Cheng C.-Y., Yen M.-Y., Lin H.-Y., Hsia W.-W., Hsu W.-M. Association of ocular dominance and anisometric myopia // *Investigative Ophthalmology and Visual Science*. 2004. Vol. 45. № 8. P. 2856–2860. DOI:10.1167/iovs.03-0878
20. Clifton C., Ferreira F., Henderson J.M., Inhoff A.W., Liversedge S.P., Reichle E.D., Schotter E.R. Eye movements in reading and information processing: Keith Rayner's 40 year legacy // *Journal of Memory and Language*. 2016. Vol. 86. P. 1–19. DOI:10.1016/j.jml.2015.07.004
21. Coluccia E., Louse G. Gender differences in spatial orientation: A review // *Journal of Environmental Psychology*. 2004. Vol. 24. № 3. P. 329–340. DOI:10.1016/j.jenvp.2004.08.006
22. Coutrot A., Silva R., Manley E., de Cothi W., Sami S., Bohbot V.D., Wiener J.M., Hlscher C., Dalton R.C., Hornberger M., Spiers H.J. Global determinants of navigation ability // *Current Biology*. 2018. Vol. 28. № 17. P. 2861–2866.e4. DOI:10.1016/j.cub.2018.06.009
23. Ferguson T.D., Williams C.C., Skelton R.W., Krigolson O.E. Passively learned spatial navigation cues evoke reinforcement learning reward signals // *Cognition*. 2019. Vol. 189. P. 65–75. DOI:10.1016/j.cognition.2019.03.015
24. Gagnon K.T., Thomas B.J., Munion A., Creem-Regehr S.H., Cashdan E.A., Stefanucci J.K. Not all those who wander are lost: Spatial exploration patterns and their relationship to gender and spatial memory // *Cognition*. 2018. Vol. 180. P. 108–117. DOI:10.1016/j.cognition.2018.06.020
25. Harris T., Hagg J., Pletzer B. Eye-movements during navigation in a virtual environment: Sex differences and relationship to sex hormones // *Frontiers in neuroscience*. 2022. Vol. 16. P. 755393. DOI:10.3389/fnins.2022.755393
26. Harris T.A., Scheuringer A., Pletzer B. Perspective and strategy interactively modulate sex differences in a 3D navigation task // *Biology of Sex Differences*. 2019. Vol. 10. № 1. P. 1–12. DOI:10.1186/s13293-019-0232-z
27. Hegarty M., He C., Boone A.P., Yu S., Jacobs E.G., Chrastil E.R. Understanding differences in wayfinding strategies // *Topics in cognitive science*. 2023. Vol. 15. № 1. P. 102–119. DOI:10.1111/tops.12592
28. Höffler T.N., Koć-Januchta M., Leutner D. More evidence for three types of cognitive style: Validating the Object-Spatial Imagery and Verbal Questionnaire using eye tracking when learning with texts and pictures // *Applied Cognitive Psychology*. 2017. Vol. 31. P. 109–115. DOI:10.1002/acp.3300
29. Irving S., Schöberl F., Pradhan C., Brendel M., Bartenstein P., Dieterich M., Brandt T., Zwergal A. A novel real-space navigation paradigm reveals age- and gender-dependent changes of navigational strategies and hippocampal activation // *Journal of Neurology*. 2018. Vol. 265. P. 113–126. DOI:10.1007/s00415-018-8987-4
30. Meghanathan R.N., Leeuwen C. Van, Giannini M., Nikolaev A.R. Neural correlates of task-related refixation behavior // *Vision Research*. 2020. Vol. 175. P. 90–101. DOI:10.1016/j.visres.2020.07.001
31. Markostamou I., Morrissey S., Hornberger M. Imagery and verbal strategies in spatial memory for route and survey descriptions // *Brain Sciences*. 2024. Vol. 14. № 4. P. 403. DOI:10.3390/brainsci14040403
32. Nazareth A., Huang X., Voyer D., Newcombe N. A meta-analysis of sex differences in human navigation skills // *Psychonomic Bulletin and Review*. 2019. Vol. 26. № 5. P. 1503–1528. DOI:10.3758/s13423-019-01633-6
33. Newman P.M., McNamara T.P. Integration of visual landmark cues in spatial memory // *Psychological research*. 2022. Vol. 86. № 5. P. 1636–1654. DOI:10.1007/s00426-021-01581-8
34. Newman P.M., Qi Y., Mou W., McNamara T.P. Statistically optimal cue integration during human spatial navigation // *Psychonomic Bulletin and Review*. 2023. Vol. 30. № 5. P. 1621–1642. DOI:10.3758/s13423-023-02254-w
35. Nori R., Piccardi L. I believe I'm good at orienting myself... But is that true? // *Cognitive Processing*. 2015. Vol. 16. № 3. P. 301–307. DOI:10.1007/s10339-015-0655-3
36. Nori R., Piccardi L., Maialetti A., Goro M., Rossetti A., Argento O., Guariglia C. No gender differences in egocentric and allocentric environmental transformation after compensating for male advantage by manipulating familiarity // *Frontiers in Neuroscience*. 2018. Vol. 12. P. 1–9. DOI:10.3389/fnins.2018.00204
37. Pazzaglia F., Meneghetti C., Ronconi L. Tracing a route and finding a shortcut: The working memory, motivational, and personality factors involved // *Frontiers in Human Neuroscience*. 2018. Vol. 12. P. 225. DOI:10.3389/fnhum.2018.00225
38. Pazzaglia F., Moè A. Cognitive styles and mental rotation ability in map learning // *Cognitive processing*. 2013. Vol. 14. № 4. P. 391–399. DOI:10.1007/s10339-013-0572-2



39. Peer M., Brunec I.K., Newcombe N.S., Epstein R.A. Structuring knowledge with cognitive maps and cognitive graphs // *Trends in Cognitive Sciences*. 2022. Vol. 25. № 1. P. 37–54. DOI:10.1016/j.tics.2020.10.004.Structuring
40. Piccardi L., De Luca M., Nori R., Palermo L., Iachimi F., Guariglia C. Navigational style influences eye movement pattern during exploration and learning of an environmental map // *Frontiers in Behavioral Neuroscience*. 2016. Vol. 10. P. 140. DOI:10.3389/fnbeh.2016.00140
41. Schiller D., Eichenbaum H., Buffalo E.A., Davachi L., Foster D.J., Leutgeb S., Ranganath C. Memory and space: Towards an understanding of the cognitive map // *The Journal of Neuroscience: the Official Journal of the Society for Neuroscience*. 2015. Vol. 35. № 41. P. 13904–13911. DOI:10.1523/JNEUROSCI.2618-15.2015
42. Schinazi V.R., Meloni D., Grübel J., Angus D.J., Baumann O., Weibel R.P., Jeszenszky P., Hölscher C., Thrash T. Motivation moderates gender differences in navigation performance // *Scientific Reports*. 2023. Vol. 13. № 1. P. 15995. DOI:10.1038/s41598-023-43241-4
43. Seifer D., Mcgrath K., Scholl G., Mohan V., Gold J. Sex differences in electronic health record navigation strategies: Secondary data analysis // *JMIR Human Factors*. 2021. Vol. 8. № 2. P. e25957. DOI:10.2196/25957
44. Spriggs M.J., Kirk I.J., Skelton R.W. Hex Maze: A new virtual maze able to track acquisition and usage of three navigation strategies // *Behavioural Brain Research*. 2018. Vol. 339. P. 195–206. DOI:10.1016/j.bbr.2017.11.041
45. Wolbers T., Wiener J.M. Challenges for identifying the neural mechanisms that support spatial navigation: the impact of spatial scale // *Frontiers in Human Neuroscience*. 2014. Vol. 8. P. 571. DOI:10.3389/fnhum.2014.00571
46. Yagi S., Galea L.A.M. Sex differences in hippocampal cognition and neurogenesis // *Neuropsychopharmacology*. 2019. Vol. 44. № 1. P. 200–213. DOI:10.1038/s41386-018-0208-4

References

1. Barabanshchikov V.A. Okulomotornaya aktivnost' cheloveka kak predmet i metod psihologicheskogo issledovaniya [Human oculomotor activity as a subject and method of psychological research]. *Ajtreking v psihologicheskoy nauke i praktike = Eyetracking in psychological science and practice* / Eds. V.A. Barabanshchikov. Moscow: Kogito-Centr, 2015. Pp. 15–35. (In Russ.).
2. Grachev V.I., Kolesov V.V., Menshikova G.Ya., Riabenkov V.I. Fiziologicheskie aspekty vospriyatiya vizual'noj informacii glazodvigatel'nym apparatom [Physiological aspects of visual information perception of the oculomotor apparatus]. *Radioelektronika. Nanosistemy. Informacionnye tekhnologii = Radioelectronics. Nanosystems. Information technologies*, 2021. Vol. 13, no. 3, pp. 389–402. (In Russ.).
3. Koltunova T.I., Petrushan M.V., Samarin A.I. Osobennosti dvizhenij glaz pri osmotre dinamicheskoy virtual'noj sredy [Features of eye movements during the examination of a dynamic virtual environment]. *Ekspperimental'naya psikhologiya = Experimental Psychology*, 2012. Vol. 5, no. 1, pp. 23–34. (In Russ.).
4. Kushnir A.B., Mikhailova E.S., Gerasimenko N.Yu., Kazarezova I.A. Analiz dvizhenij glaz pri vypolnenii zadachi myslennogo vosproizvedeniya marshruta na karte gorodskoj mestnosti. Vliyanie tipa metok i pola [Analysis of the gaze fixations in performance of mental recall of the route on a city map. Effects of landmark type and gender]. *Sensornye sistemy = Sensory Systems*, 2023. Vol. 37, no. 2, pp. 138–151. DOI:10.31857/S0235009223020026 (In Russ.).
5. Menshikova G.Ya., Saveleva O.A., Koviazin M.S. Ocenka uspešnosti vosproizvedeniya egocentricheskikh i allocentricheskikh prostranstvennykh reprezentacij pri ispol'zovanii system virtual'noj real'nosti [Assessing successful reproduction on egocentric and allocentric spatial representations using virtual reality]. *Nacional'nyj psihologicheskij zhurnal = National Psychological Journal*, 2018. Vol. 30, no. 2, pp. 113–122. DOI:10.11621/npj.2018.0212 (In Russ.).
6. Shedenko K.U., Anisimov V.N., Latanov A.V. Glazodvigatel'nye, elektroencefalograficheskie i vegetativnye korrelyaty interesa pri sochetannom pred'yavlenii izobrazhenij i teksta [Oculomotor, EEG and autonomic correlates of interest in the combined presentation of pictures and texts]. *Kognitivnaya nauka v Moskve: novye issledovaniya: Materialy konferencii, Moskva, 23–24 iyunya 2021 goda = Cognitive Science in Moscow: New Research: Proceedings of the Conference, Moscow, June 23–24, 2021* / Eds. E.V. Pechenkova., M.V. Falikman., A.Ia. Koifman. Moscow: Buki Vedi, Institut prakticheskoy psihologii i psihoanaliza, 2021. Pp. 445–450. (In Russ.).



7. Abdi Sargezeh B., Tavakoli N., Daliri M.R. Physiology & Behavior Gender-based eye movement differences in passive indoor picture viewing: An eye-tracking study. *Physiology and Behavior*, 2019. Vol. 206, pp. 43–50. DOI:10.1016/j.physbeh.2019.03.023
8. Bécu M., Sheynikhovich D., Ramanoël S., Tatur G., Ozier-Lafontaine A., Authié C.N., Sahel J.A., Arleo A. Landmark-based spatial navigation across the human lifespan. *Elife*, 2023. Vol. 12, p. e81318. DOI:10.7554/eLife.81318
9. Blazhenkova O., Kozhevnikov M. The new object-spatial-verbal cognitive style model: Theory and measurement. *Applied Cognitive Psychology*, 2009. Vol. 23, no. 5, pp. 638–663. DOI:10.1002/acp.1473
10. Bocchi A., Palermo L., Boccia M., Palmiero M., D'Amico S., Piccardi L. Object recognition and location: Which component of object location memory for landmarks is affected by gender? Evidence from four to ten year-old children. *Applied Neuropsychology. Child*, 2020. Vol. 9, no. 1, pp. 31–40. DOI:10.1080/21622965.2018.1504218
11. Boccia M., Vecchione F., Piccardi L., Guariglia C. Effect of cognitive style on learning and retrieval of navigational environments. *Frontiers in Pharmacology*, 2017. Vol. 8, pp. 496. DOI:10.3389/fphar.2017.00496
12. Boone A.P., Gong X., Hegarty M. Sex differences in navigation strategy and efficiency. *Memory and Cognition*, 2018. Vol. 46, no. 6, pp. 909–922. DOI:10.3758/s13421-018-0811-y
13. Boone A.P., Maghen B., Hegarty M. Instructions matter: Individual differences in navigation strategy and ability. *Memory and Cognition*, 2019. Vol. 47, no. 7, pp. 1401–1414. DOI:10.3758/s13421-019-00941-5
14. Borodaeva Z., Winkler S., Brade J., Klimant P., Jahn G. Spatial updating in virtual reality for reproducing object locations in vista space-Boundaries, landmarks, and idiothetic cues. *Frontiers in Psychology*, 2023. Vol. 14, p. 1144861. DOI:10.3389/fpsyg.2023.1144861
15. Brügger A., Richter K.-F., Fabrikant S.I. How does navigation system behavior influence human behavior. *Cognitive Research: Principles and Implications*, 2019. Vol. 4, no. 1, p. 5. DOI:10.1186/s41235-019-0156-5
16. Burggraaf R., Geest J.N. Van Der, Hooge I.T.C., Maarten A. Developmental changes in visual search are determined by changing visuospatial abilities and task repetition: A longitudinal study in adolescents. *Applied Neuropsychology: Child*, 2021. Vol. 10, no. 2, pp. 133–143. DOI:10.1080/21622965.2019.1627211
17. Castilla A., Berthoz A., Urukalo D., Zaoui, M., Perrochon, A., Kronovsek T. Age and sex impact on visuospatial working memory (VSWM), mental rotation, and cognitive strategies during navigation. *Neuroscience Research*, 2022. Vol. 183, pp. 84–96. DOI:10.1016/j.neures.2022.07.007
18. Chan E., Baumann O., Bellgrove M.A., Mattingley J.B. From objects to landmarks: the function of visual location information in spatial navigation. *Frontiers in Psychology*, 2012. Vol. 3, pp. 1–11. DOI:10.3389/fpsyg.2012.00304
19. Cheng C.-Y., Yen M.-Y., Lin H.-Y., Hsia W.-W., Hsu W.-M. Association of ocular dominance and anisometric myopia. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 2004. Vol. 45, no. 8, pp. 2856–2860. DOI:10.1167/iovs.03-0878
20. Clifton C., Ferreira F., Henderson J.M., Inhoff A. W., Liversedge S.P., Reichle E.D., Schotter E. R. Eye movements in reading and information processing: Keith Rayner's 40 year legacy. *Journal of Memory and Language*, 2016. Vol. 86, pp. 1–19. DOI:10.1016/j.jml.2015.07.004
21. Coluccia E., Louse G. Gender differences in spatial orientation: A review. *Journal of Environmental Psychology*, 2004. Vol. 24, no. 3, pp. 329–340. DOI:10.1016/j.jenvp.2004.08.006
22. Coutrot A., Silva R., Manley E., de Cothi W., Sami S., Bohbot V.D., Wiener J.M., Hölscher C., Dalton R.C., Hornberger M., Spiers H. J. Global determinants of navigation ability. *Current Biology*, 2018. Vol. 28, no. 17, pp. 2861–2866.e4. DOI:10.1016/j.cub.2018.06.009
23. Ferguson T.D., Williams C.C., Skelton R.W., Krigolson O.E. Passively learned spatial navigation cues evoke reinforcement learning reward signals. *Cognition*, 2019. Vol. 189, pp. 65–75. DOI:10.1016/j.cognition.2019.03.015
24. Gagnon K.T., Thomas B.J., Munion A., Creem-Regehr S.H., Cashdan E.A., Stefanucci J.K. Not all those who wander are lost: Spatial exploration patterns and their relationship to gender and spatial memory. *Cognition*, 2018. Vol. 180, pp. 108–117. DOI:10.1016/j.cognition.2018.06.020
25. Harris T., Hagg J., Pletzer B. Eye-movements during navigation in a virtual environment: Sex differences and relationship to sex hormones. *Frontiers in Neuroscience*, 2022. Vol. 16, p. 755393. DOI:10.3389/fnins.2022.755393



26. Harris T.A., Scheuringer A., Pletzer B. Perspective and strategy interactively modulate sex differences in a 3D navigation task. *Biology of Sex Differences*, 2019. Vol. 10, no. 1, pp. 1–12. DOI:10.1186/s13293-019-0232-z
27. Hegarty M., He C., Boone A.P., Yu S., Jacobs E.G., Chrastil E.R. Understanding differences in wayfinding strategies. *Topics in Cognitive Science*, 2023. Vol. 15, no. 1, pp. 102–119. DOI:10.1111/tops.12592
28. Höffler T.N., Koć-Januchta M., Leutner D. More evidence for three types of cognitive style: Validating the Object-Spatial Imagery and Verbal Questionnaire using eye tracking when learning with texts and pictures. *Applied Cognitive Psychology*, 2017. Vol. 31, pp. 109–115. DOI:10.1002/acp.3300
29. Irving S., Schöberl F., Pradhan C., Brendel M., Bartenstein P., Dieterich M., Brandt T., Zwergal A. A novel real-space navigation paradigm reveals age- and gender-dependent changes of navigational strategies and hippocampal activation. *Journal of Neurology*, 2018. Vol. 265, pp. 113–126. DOI:10.1007/s00415-018-8987-4
30. Meghanathan R.N., Leeuwen C. Van, Giannini M., Nikolaev A.R. Neural correlates of task-related refixation behavior. *Vision Research*, 2020. Vol. 175, pp. 90–101. DOI:10.1016/j.visres.2020.07.001
31. Markostamou I., Morrissey S., Hornberger M. Imagery and verbal strategies in spatial memory for route and survey descriptions. *Brain Sciences*, 2024. Vol. 14, no. 4, p. 403. DOI:10.3390/brainsci14040403
32. Nazareth A., Huang X., Voyer D., Newcombe N. A meta-analysis of sex differences in human navigation skills. *Psychonomic Bulletin and Review*, 2019, Vol. 26, no. 5, pp. 1503–1528. DOI:10.3758/s13423-019-01633-6
33. Newman P.M., McNamara T.P. Integration of visual landmark cues in spatial memory // *Psychological Research*, 2022. Vol. 86, no. 5, pp. 1636–1654. DOI:10.1007/s00426-021-01581-8
34. Newman P.M., Qi Y., Mou W., McNamara T.P. Statistically optimal cue integration during human spatial navigation. *Psychonomic Bulletin and Review*, 2023. Vol. 30, no. 5, pp. 1621–1642. DOI:10.3758/s13423-023-02254-w
35. Nori R., Piccardi L. I believe I'm good at orienting myself... But is that true. *Cognitive Processing*, 2015. Vol. 16, no. 3, pp. 301–307. DOI:10.1007/s10339-015-0655-3
36. Nori R., Piccardi L., Maialetti A., Goro M., Rossetti A., Argento O., Guariglia C. No gender differences in egocentric and allocentric environmental transformation after compensating for male advantage by manipulating familiarity. *Frontiers in Neuroscience*, 2018. Vol. 12, pp. 1–9. DOI:10.3389/fnins.2018.00204
37. Pazzaglia F., Meneghetti C., Ronconi L. Tracing a route and finding a shortcut: The working memory, motivational, and personality factors involved. *Frontiers in Human Neuroscience*, 2018. Vol. 12, p. 225. DOI:10.3389/fnhum.2018.00225
38. Pazzaglia F., Moè A. Cognitive styles and mental rotation ability in map learning. *Cognitive Processing*, 2013. Vol. 14, no. 4, pp. 391–399. DOI:10.1007/s10339-013-0572-2
39. Peer M., Brunec I.K., Newcombe N.S., Epstein R.A. Structuring knowledge with cognitive maps and cognitive graphs. *Trends in Cognitive Sciences*, 2022. Vol. 25, no. 1, pp. 37–54. DOI:10.1016/j.tics.2020.10.004. Structuring
40. Piccardi L., De Luca M., Nori R., Palermo L., Iachini F., Guariglia C. Navigational style influences eye movement pattern during exploration and learning of an environmental map. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 2016. Vol. 10, p. 140. DOI:10.3389/fnbeh.2016.00140
41. Schiller D., Eichenbaum H., Buffalo E.A., Davachi L., Foster D.J., Leutgeb S., Ranganath C. Memory and space: Towards an understanding of the cognitive map. *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 2015. Vol. 35, no. 41, pp. 13904–13911. DOI:10.1523/JNEUROSCI.2618-15.2015
42. Schinazi V.R., Meloni D., Grübel J., Angus D.J., Baumann O., Weibel R.P., Jeszenszky P., Hölscher C., Thrash T. Motivation moderates gender differences in navigation performance. *Scientific Reports*, 2023. Vol. 13, no. 1, p. 15995. DOI:10.1038/s41598-023-43241-4
43. Seifer D., Mcgrath K., Scholl G., Mohan V., Gold J. Sex differences in electronic health record navigation strategies: Secondary data analysis. *JMIR Human Factors*, 2021. Vol. 8, no. 2, pp. e25957. DOI:10.2196/25957
44. Spriggs M.J., Kirk I.J., Skelton R.W. Hex Maze: A new virtual maze able to track acquisition and usage of three navigation strategies. *Behavioural Brain Research*, 2018. Vol. 339, pp. 195–206. DOI:10.1016/j.bbr.2017.11.041



45. Wolbers T., Wiener J.M. Challenges for identifying the neural mechanisms that support spatial navigation: the impact of spatial scale. *Frontiers in Human Neuroscience*, 2014. Vol. 8, p. 571. DOI:10.3389/fnhum.2014.00571

46. Yagi S., Galea L.A.M. Sex differences in hippocampal cognition and neurogenesis. *Neuropsychopharmacology*, 2019. Vol. 44, no. 1, pp. 200–213. DOI:10.1038/s41386-018-0208-4

Информация об авторах

Кушниц Анастасия Борисовна, младший научный сотрудник лаборатории физиологии сенсорных систем, Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии Российской академии наук (ИВНД и НФ РАН), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4627-9484>, e-mail: naya.kushnir@gmail.com

Михайлова Елена Семеновна, доктор биологических наук, главный научный сотрудник лаборатории физиологии сенсорных систем, Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии Российской академии наук (ИВНД и НФ РАН), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5098-1909>, e-mail: esmikhailova@mail.ru

Герасименко Наталья Юрьевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории физиологии сенсорных систем, Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии Российской академии наук (ИВНД и НФ РАН), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3864-4509>, e-mail: nger@mail.ru

Information about the authors

Anastasia B. Kushnir, Minor Scientist, Laboratory of Physiology of Sensory Systems, Institute of Higher Nervous Activity & Neurophysiology of RAS, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4627-9484>, e-mail: naya.kushnir@gmail.com

Elena S. Mikhailova, D.Sc. in Biology, Main Scientist, Laboratory of Physiology of Sensory Systems, Institute of Higher Nervous Activity & Neurophysiology of RAS, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5098-1909>, e-mail: esmikhailova@mail.ru

Natalia Yu. Gerasimenko, PhD in Biology, Senior Scientist, Laboratory of Physiology of Sensory Systems, Institute of Higher Nervous Activity & Neurophysiology of RAS, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3864-4509>, e-mail: nger@mail.ru

Получена 12.02.2024

Received 12.02.2024

Принята в печать 01.06.2024

Accepted 01.06.2024