

## МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК 159.9.07, 612.087  
doi: 10.11621/vsp.2019.02.03

### ЗРИТЕЛЬНО-МОТОРНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ПИАНИСТОВ ПРИ ЧТЕНИИ С ЛИСТА НОТНОГО ТЕКСТА

Л. А. Бойко<sup>1</sup>, Л. В. Терещенко<sup>1</sup>,  
Б. Б. Величковский<sup>2</sup>, А. В. Латанов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> МГУ имени М.В. Ломоносова, биологический факультет, Москва, Россия

<sup>2</sup> МГУ имени М.В. Ломоносова, факультет психологии, Москва, Россия

Для контактов. E-mail: lulu.boyko@yandex.ru

**Актуальность.** Музыкальная деятельность профессионального пианиста мало исследована объективными методами. У большинства музыкантов задача чтения нот с листа вызывает особую трудность как в учебной, так и в профессиональной деятельности. Понимание зрительно-моторных механизмов и когнитивных процессов, вовлеченных в реализацию данного навыка, может помочь музыкальной педагогической практике. Большинство исследований по данной теме проведено в условиях, далеких от реальных. Данная работа является междисциплинарной, так как в ней пересекаются интересы музыкальной педагогики, психологии и физиологии.

**Цель.** На примере задачи по чтению с листа нотного текста в условиях, приближенных к реальным, исследовать взаимодействие зрительно-моторных параметров и их связь с параметрами рабочей памяти.

**Методика.** 55 человек в возрасте 18—25 лет (30 пианистов и 25 не пианистов) тестировались по методикам OS и N-back для определения индивидуальных параметров рабочей памяти и времени сложной зрительно-моторной реакции. Методом видеоокулографии регистрировались движения глаз у пианистов во время чтения нот с листа.

**Результаты.** Зрительно-моторные параметры исполнения (зрительно-моторная задержка, ошибки и регрессии) значимо различаются при чтении музыкальных текстов разной сложности. По сравнению с литературными данными получены противоположные результаты для величины зрительно-

моторной задержки в зависимости от сложности текста. Выявлены корреляции между параметрами зрительно-моторной деятельности и рабочей памяти, а также их взаимосвязь с качеством исполнения.

**Выводы.** Объективно регистрируемые зрительно-моторные параметры имеют сложную взаимосвязь между собой. Качество чтения с листа у профессиональных пианистов опосредовано индивидуальными параметрами рабочей памяти.

**Ключевые слова:** чтение с листа, движения глаз, зрительно-моторная задержка, рабочая память, музыковедение.

**Благодарности:** Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант №16-06-01082-ОГН).

**Для цитирования:** Бойко Л.А., Терещенко Л.В., Величковский Б.Б., Латанов А.В. Зрительно-моторная деятельность профессиональных пианистов при чтении с листа нотного текста // Вестник Московского университета. Серия 14. Психология. 2019. № 2. С. 3—26. doi: 10.11621/vsp.2019.02.03

Поступила в редакцию 26.12.18/Принята к публикации 14.01.19

## VISUAL-MOTOR ACTIVITY OF PROFESSIONAL PIANISTS AT SIGHT-READING MUSIC

*Lyubov A. Boyko<sup>1</sup>, Leonid V. Tereshchenko<sup>1</sup>, Boris B. Velichkovsky<sup>2</sup>, Alexander V. Latanov<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Lomonosov Moscow State University, Biological Faculty, Moscow, Russia

<sup>2</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Psychology, Moscow, Russia

Corresponding author. E-mail: lulu.boyko@yandex.ru

### **Abstract**

**Relevance.** The musical activity of a professional pianist has been little studied by objective methods. For most musicians, the task of sight-reading causes a difficulty in both academic and professional activities. Understanding the visual-motor mechanisms and cognitive processes involved in the implementation of sight-reading can help musical pedagogical practice. There are few sight-reading studies and most of them were conducted in conditions far from the real ones. This work is interdisciplinary that involved the interests of musical pedagogy, psychology and physiology.

**Objective.** On the base of the cognitive task of sight-reading music in conditions close to reality to explore the interaction of visual-motor parameters and their relationship with the parameters of the working memory.

**Methods.** 55 subjects aged 18–25 years (30 pianists and 25 non-pianists) were tested using the OS and N-back method to determine individual parameters of the working memory, as well as to determine the time of a complex visual-motor response. Eye tracking method was utilized for eye movement recording when the pianists sight read sheet of notes.

**Results.** The visual-motor performance parameters (eye hand span, errors and regressions) differ significantly at sight-reading musical fragments of varying complexity. Compared with the literature data we obtained opposite results for value of the eye hand span depending on the complexity of the musical text. We revealed correlations between the visual-motor parameters and the working memory parameters as well as their dependence on the quality of performance.

**Conclusion.** Objectively recorded visual-motor parameters complexly interact with each other. The mastery of sight-reading music of professional pianists closely related with individual parameters of the working memory.

**Keywords:** sight-reading, eye movements, working memory, eye-hand span, music studies.

**Acknowledgements:** This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research (Grant No. 16-06-01082-OGN).

**For citation:** Boyko, L.A., Tereshchenko, L.V., Velichkovsky, B.B., & Latanov, A.V. (2019). Visual-motor activity of professional pianists at sight-reading music. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 14. Psikhologiya = Moscow University Psychology Bulletin*, 2, 3—26. doi: 10.11621/vsp.2019.02.03

Received: December 26, 2018/Accepted: January 14, 2019

## Введение

Чтение с листа фортепианного текста подразумевает чтение и исполнение музыкального произведения, которое пианист ранее не исполнял и не слышал. Процесс чтения с листа одной нотной строки (Sloboda, 1974) сходен с процессом чтения вслух вербального текста (Levine, Kaplan, 1970), но текст для фортепиано включает две строки и более. Параметры движений глаз при чтении двустрочного нотного текста исследованы всего в нескольких работах (Souter, 2001; Weaver, 1943). Сложность такого чтения заключается в восприятии зрительной информации с двух строк одновременно

и параллельном формировании моторной программы движений пальцев обеих рук. Эта сложно координированная зрительно-моторная деятельность осуществляется при участии таких когнитивных процессов, как зрительное внимание, восприятие зрительной информации, реализация моторной программы воспроизведения музыки, а также рабочая память. Моторный аспект такого рода может осуществляться при участии ассоциативных областей правого полушария, правого заднелатерального мозжечка и базальных ганглиев (Sedov et al., 2017).

### **1. Рабочая память**

*Рабочая память* (РП) представляет собой систему, позволяющую удерживать ограниченный объем релевантной информации в активном и непосредственно доступном для анализа и управления действием состоянии (Baddeley, 2003). Ее характеристики (в первую очередь объем) коррелируют с уровнем общего интеллекта, способностью к обучению и качеством восприятия информации при чтении (Baddeley, Hitch, 1974). Этот вывод поддержан современными теоретическими представлениями о РП, трактующими ее как временное хранилище информации, принимающее участие в мышлении человека и являющееся связующим звеном между системами восприятия, долговременной памяти и действия (Ibid.).

Сегодня предполагается, что РП лежит в основе процесса мышления и высокоуровневых когнитивных функций в целом. Индивидуальные различия в объеме РП коррелируют с показателями академической успеваемости, интеллекта и успешности осуществления различных видов сложной деятельности (Neubauer, 1997). Характерные для РП функциональные ограничения определяют возможности человека по приему и переработке информации, задавая диапазон как познавательных, так и практических действий (Velichkovsky, 2017).

Необходимо добавить, что чтение с листа требует не только удержания в памяти информации, но и постоянного обновления буфера РП. Тем более что на фоне восприятия и декодирования зрительной информации происходит перевод зрительной информации в моторное воплощение, и это требует определенных ресурсов. В случае относительно простого музыкального фрагмента навык чтения с листа реализуется автоматически, с минимальными затратами ресурсов (Kahneman, 1973). В случае сложного музыкального

фрагмента в силу трудности прочтения или моторного воплощения нотного текста требуется больше сознательного контроля, а следовательно, и ресурсов для выполнения задачи (Ibid.). РП также характеризуется скоростью переработки информации, и именно эта скорость может в конечном счете оказаться критическим моментом при чтении с листа.

При чтении с листа активируются ассоциативная память «символ-клавиша» и моторные программы для знакомых паттернов нот, а также подключается пространственный компонент о расположении клавиши на клавиатуре с учетом текущего положения руки. Конечно, у профессиональных пианистов хорошо развито чувство топографии клавиатуры, но зрительный контроль всегда облегчает задачу. На выбор моторной программы влияет не только текущее положение пальцев и руки, но и расположение последующих символов (назовем это контекстом), потому что от контекста зависит выбор аппликатуры. Таким образом, контекст представляет собой сменяющееся пространство символов, накладываемое на пространство клавиатуры.

При обучении у пианиста вырабатывается четкая ассоциация «символ-звук-клавиша». При этом задействуются обе подсистемы РП, по Бэддели: фонологическая петля в ассоциации «символ-звук» и «звук-клавиша», зрительно-пространственная — в ассоциации «символ-клавиша». А. Олпорт с коллегами (Allport et al., 1972) показали, что пианисты во время чтения нот с листа могут выполнять задание на повторение слов за диктором. В их исследовании испытуемые выполняли оба задания одновременно с той же успешностью, что и по отдельности. Однако едва ли такое возможно, если выполнение одной из задач не автоматизировано, в связи с чем она не требует или почти не требует ресурсов внимания. Отсюда можно сделать вывод, что при автоматизации навыка чтения с листа фонологическая петля не задействуется. Однако она может оставаться задействованной в системе обратной связи по отслеживанию и коррекции ошибок. Примечательными оказались наблюдения в ходе эксперимента в нашей предыдущей работе (Терещенко и др., 2016): при чтении сложных музыкальных фрагментов пианисты иногда сопровождают исполнение голосом (напевают нотный текст). Такое происходит, когда по каким-то причинам формирование моторной команды затрудняется и становится проще воспроизвести зрительные символы через более привычный для человека моторный путь — голосовой аппарат. А это в свою очередь может облегчить задачу формирования моторного

ответа через пальцы рук путем подключения ассоциации «звук-клавиша» через фонологическую петлю.

Несомненно, большую роль в успешном чтении с листа играет опыт. Во-первых, это накопление моторных паттернов для реализации задания, что обеспечивается специальными упражнениями на развитие моторики пальцев рук. Такие паттерны зрительно запоминаются как «гештальты» и в дальнейшем легко узнаются в тексте и быстрее трансформируются в моторный ответ. То есть прочтение знакомых паттернов нот может происходить подобно чтению слов, когда фиксация осуществляется не на каждой букве, а лишь на нескольких. Во-вторых, опыт — это развитие структуры зрительно-моторного взаимодействия с достаточно высокой скоростью, т.е. обеспечение быстрого и корректного ответа на сменяющиеся зрительные стимулы. Э. Мейнц и Д. Гамбрик (Meinz, Hambrick, 2010) провели работу по взаимосвязи практики, объема РП и навыка чтения с листа у пианистов. Они показали, что при регулярной практике чтения с листа навык улучшается, но объем РП ограничивает индивидуальные способности пианиста в развитии навыка, опосредованного сложной когнитивной деятельностью.

## 2. Зрительно-моторная задержка

Во время чтения с листа как вербального (Levin, Kaplan, 1970), так и нотного текста (Weaver, 1943; Sloboda, 1974; Goolsby, 1994; Truitt et al., 1997) наблюдается феномен *зрительно-моторной задержки* (ЗМЗ, от англ. *eye-hand span*), который заключается в том, что прочтение опережает исполнение.

Для изучения ЗМЗ Дж. Слобода (Sloboda, 1974) применил методику «гаснущего экрана». В экспериментах музыканту на экране монитора показывали одногласные ноты, через некоторое время, известное только экспериментатору, экран гасили, а музыкант продолжал играть. После чего оценивали, сколько нот после выключения экрана он воспроизвел правильно. Наиболее простой измеряемый параметр — количество ошибок (неправильно сыгранные ноты), сделанные за время воспроизведения. Ошибки хорошо коррелируют с навыком чтения респондента: самый опытный музыкант сделал 3 ошибки при величине ЗМЗ 6—8 нот, а наименее опытный — 73 ошибки при величине ЗМЗ 3—8 нот (Ibid.).

Для определения ЗМЗ также была применена методика «движущейся рамки»: на экране показывали определенное количество нот

до и после исполняемой; при воспроизведении каждой следующей ноты рамку сдвигали на одну ноту вперед (Truitt et al., 1997). С использованием этой методики была выявлена зависимость параметров движений глаз от количества нот после исполняемой: у опытных музыкантов с увеличением рамки уменьшалась длительность фиксации, а ЗМЗ и амплитуда саккад увеличивались. Также результаты показали, что даже опытные музыканты чаще всего читают на 1—2 ноты вперед, хотя максимально возможное количество нот, опережающих воспроизводимую, могло достигать 7 (Ibid.).

Для двустрочных нот было показано, что ЗМЗ сильно варьируется во время чтения, но не превышает 8 нот (Weaver, 1943), а текст, написанный аккордами по три ноты, музыканты читают на один аккорд вперед (Young, 1971).

Позднее было отмечено, что ЗМЗ имеет два компонента, один из которых связан с обработкой зрительной информации, получаемой через фовеальную часть, а другой — с обработкой информации, получаемой через парафовеальную часть сетчатки (Kinsler, Carpenter, 1995). Благодаря этому профессиональные пианисты при чтении с листа иногда объединяют несколько нот в один знак (чаще в пассажах), и поэтому буфер РП может удерживать больше информации (Furneaux, Land, 1999).

**Цель** данной работы — исследование взаимодействия зрительно-моторных параметров при выполнении сложной когнитивной задачи и их связь с параметрами РП.

### **Материалы и методы**

В исследовании приняли участие 30 студентов (18 мужчин и 12 женщин в возрасте 18—25 лет) 1—5-го курсов Московской государственной консерватории им. П.И. Чайковского и Российской академии музыки им. Гнесиных по классу фортепиано. В экспериментах пианисты читали с листа подборку из музыкальных фрагментов классических произведений. Во время исполнения синхронно регистрировались движения глаз и воспроизводимые ноты. Для регистрации движений глаз использовался портативный монокулярный айтрекер “Arrington” (*Scene Camera Option, Arrington Research, Inc., USA*) с частотой 30 Hz. Данное оборудование позволяет проводить регистрацию движений глаз без фиксации головы. Задание по чтению с листа пианисты выполняли на цифро-

вом пианино *Yamaha p-45* с молоточковой механикой клавиатуры. С использованием *MIDI*-интерфейса регистрировались события (нажатия на клавиши пианино) и их временные параметры. Временная последовательность событий на клавиатуре пианино синхронизировалась с потоком данных айтрекера. Подробное описание методики и алгоритмов выделения событий на клавиатуре пианино и в видеопотоке айтрекера приведено в наших недавних работах (Терещенко и др., 2016, 2017).

В экспериментах исследовались показатели зрительно-моторной деятельности пианистов при чтении с листа двустрочных нот трех классических музыкальных фрагментов разного склада и сложности: 1. Относительно простой фрагмент (С1) — «Испанская фолья» Алессандро Скарлатти, гомофонно-гармонический склад, 69 тактов; 2. Фрагмент средней сложности (С2) — четырехголосный хорал неизвестного композитора, полифонический склад, 25 тактов). 3. Фрагмент высокой сложности (С3) — четырехголосная Пятая пьеса из «Семи фортепианных пьес в форме фугетт» Роберта Шумана, полифонический склад, 44 такта. Фактор «сложность» определялся совокупностью следующих компонентов: 1) степень трудности зрительного восприятия, зависящая от фактуры нотного текста<sup>1</sup>; 2) степень трудности моторного воплощения, задаваемого аппликатурным<sup>2</sup> характером расположения паттерна нот и 3) степень гармонического предвосхищения (аналогично семантическому предвосхищению при чтении вербального текста).

Объем РП определялся с помощью теста на оценку объема операций (*operation span*, OS) (Turner, Engle, 1989). Задание состояло в запоминании предъявляемых букв в условиях интерферирующей задачи верификации арифметического равенства. Оценка эффективности буфера РП проводили с помощью теста *N-back* (Owen et al., 2005). Задание состояло в определении совпадения/несовпадения предъявляемой буквы с буквой, предъявленной 2 позиции назад (*2-back*). Анализировалась связь этих показателей с показателями зрительно-моторной деятельности при выполнении задачи по чтению с листа.

---

<sup>1</sup> Фактура — типизированный способ оформления многоголосной музыкальной композиции (моно- и полифоническая, гомофонно-гармоническая, хоральная, арпеджированная и т.д.).

<sup>2</sup> Аппликатура — способ расположения и порядок чередования пальцев при игре на музыкальном инструменте. Палец указывается цифрой над соответствующей нотой.



Многие видеоокулографические системы, предназначенные для регистрации движений глаз, не учитывают движений головы, что сильно искажает результат при визуализации траектории взора. А в задаче чтения нот это критически важный момент, так как стимульный материал состоит из множества мелких элементов и для дальнейшего анализа крайне важна информация о положении взора в каждый отсчет времени. Для получения максимально точной траектории взора были использованы разработанные нами ранее методика и программно-аппаратный комплекс для регистрации и анализа движений глаз без фиксации головы с учетом движений головы относительно нот (Терещенко и др. 2017). Пример получаемой траектории взора представлен на рис. 1.

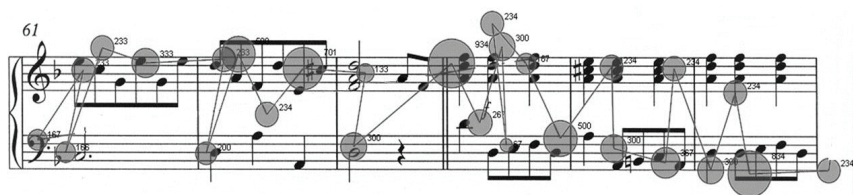


Рис. 1. Траектории движений глаз пианиста при чтении с листа музыкального фрагмента. Диаметр кругов пропорционален длительностям фиксаций, которые подписаны рядом (мс)

С целью исследования эффективности взаимодействия зрительной и двигательной систем у пианистов и испытуемых без навыков игры на фортепиано (контрольная группа, 25 человек такого же возраста, 13 мужчин и 12 женщин) измерялось время *сложной зрительно-моторной реакции* (сЗМР). Эта реакция состояла в нажатии одного из 10 пальцев на «свою» клавишу на клавиатуре компьютера в ответ на подсвечивание на экране монитора круга, соответствующего данному пальцу (имитация игры на инструменте). Каждый круг предьявляли по 10 раз в псевдослучайном порядке.

Для статистической обработки в зависимости от характера распределения (удовлетворяющих или не удовлетворяющих закону нормального распределения) выборки различных показателей исполнения и других параметров использовались *t*-критерий Стьюдента, критерий Манна—Уитни, параметрический (ANOVA) и непараметрический (критерий Краскела—Уоллеса) дисперсионный анализ. Для оценки связи между параметрами применялся коэффициент корреляции Пирсона.

## Результаты

1. Качество исполнения произведений при чтении с листа существенно зависит от темпа. В свою очередь темп определяется сложностью произведения для пианиста, т.е. чем сложнее музыкальный текст, тем медленнее его воспроизводит музыкант. Чтобы исключить влияние темпа исполнения на исследуемые показатели, мы нормировали их на темп исполнения произведений. Показатели темпа, традиционно рассчитываемого как число долей (четвертей) в минуту (Мальтер, 1972), для трех произведений возрастающей сложности (С1, С2 и С3) составляли соответственно  $99.4 \pm 2.4$ ,  $54.0 \pm 1.8$  и  $52.9 \pm 1.7$  долей/мин. Темп при исполнении легкого произведения высоко достоверно отличался от темпа исполнения произведений средней ( $t_{55} = -15.896$ ,  $p < 0.0001$ ) и высокой сложности ( $t_{55} = -15.165$ ,  $p < 0.0001$ ). Все исследованные показатели исполнения, рассчитанные для трех произведений, нормировались на темп их исполнения (на 100 долей/мин.). Если показатели зрительно-моторной деятельности пианистов и объем их РП аддитивно связаны с темпом исполнения (и соответственно со сложностью произведения), логично ожидать уравнивания этих показателей при исполнении произведений разной сложности. Вопреки такой логике мы не выявили предполагаемого уравнивания исследуемых показателей исполнения.

2. Одним из ключевых параметров при чтении с листа является ЗМЗ, которая отражает число знаков нотации между текущей позицией взора на нотном тексте (т.е. читаемым знаком) и воспроизводимым знаком. С повышением сложности музыкальных фрагментов (С1→С3) средняя величина ЗМЗ, нормированной на темп их исполнения, достоверно увеличивалась и составляла  $7.93 \pm 0.53$ ,  $12.16 \pm 0.68$  и  $11.01 \pm 0.72$  знаков/(доли/мин.) соответственно.

На рис. 2 (А, Б, В) представлены параметры зрительно-моторной деятельности (ЗМЗ, число ошибок, число регрессий) при чтении с листа музыкальных фрагментов трех градаций сложности (С1, С2, С3). ЗМЗ при чтении С1 высоко достоверно отличалась от ЗМЗ при чтении С2 ( $t_{54} = 3.806$ ,  $p < 0.001$ ) и С3 ( $t_{54} = 3.463$ ,  $p < 0.001$ ) (рис. 2, А). Нормированная доля ошибок (ошиб./доли/мин., в %) при чтении С1 составила  $12.39 \pm 0.77$  и оказалась достоверно меньше, чем при чтении С2 ( $16.44 \pm 1.30$ ,  $Z_{58} = 2.372$ ,  $p < 0.05$ ) и С3 ( $19.03 \pm 1.03$ ,  $Z_{57} = 3.783$ ,  $p < 0.0001$ ) (рис. 2, Б). Таким образом, число ошибок монотонно возрастало со сложностью произведений. Нормированная доля возвратных саккад (регрессий) (регрессий/(доли/мин., в %) от общего числа саккад

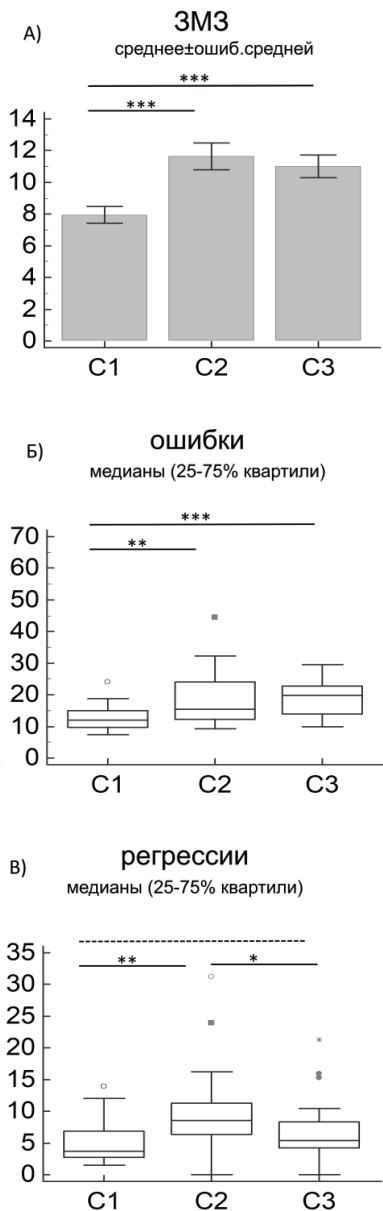


Рис. 2. Параметры зрительно-моторной деятельности (ЗМЗ — зрительно-моторная задержка, число ошибок и регрессий) при чтении с листа музыкальных фрагментов трех градаций сложности. А) ЗМЗ — зрительно-моторная задержка (знаков/(доли/мин.)), Б) доля ошибок (доля ошибок/(доли/мин.), %) с выбросами (кружочки и квадратики), В) доля регрессий (регрессии/(доли/мин.) с выбросами (кружочки и квадратики), %). Уровни значимости различий: --- —  $0.1 < p < 0.05$ , \* —  $p < 0.05$ , \*\* —  $p < 0.01$ , \*\*\* —  $p < 0.001$

при чтении С1 составила  $4.95 \pm 0.59$  и оказалась достоверно меньше, чем при чтении С2 ( $9.43 \pm 0.90$ ,  $Z_{58} = 3.491$ ,  $p < 0.001$ ) и С3 на уровне тенденции ( $8.15 \pm 1.74$ ,  $Z_{57} = 1.947$ ,  $p = 0.052$ ) (рис. 2, В). При этом доли регрессий при исполнении С2 и С3 также достоверно различались ( $Z_{57} = 2.123$ ,  $p < 0.05$ ). Этот показатель не продемонстрировал монотонной зависимости от сложности произведения.

3. Анализ корреляций между нормированными параметрами зрительно-моторной деятельности (рис. 3, А, Б) показал следующее.

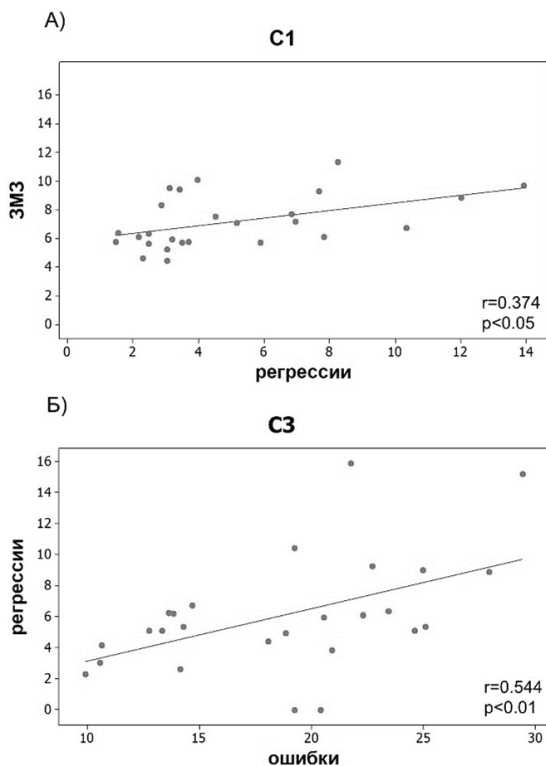


Рис. 3. Корреляции между нормированными параметрами зрительно-моторной деятельности: А) между ЗМЗ и регрессиями при чтении простого фрагмента (С1) между ошибками и регрессиями при чтении сложного фрагмента (С3), Б) между ошибками и регрессиями при чтении сложного фрагмента (С3). ЗМЗ — зрительно-моторная задержка (знаки/(доли/мин.)), доля ошибок (доля ошибок/(доли/мин.), %), доля регрессий (регрессии/(доли/мин.), %)

При чтении СЗ выявлена достоверная линейная корреляция между ошибками и регрессиями ( $r=0.544$ ,  $p<0.01$ ) (рис. 3, Б). При чтении С1 наблюдается положительная линейная корреляция между ЗМЗ и регрессиями ( $r=0.374$ ,  $p<0.05$ ) (рис. 3, А). Регрессии совершаются в случае обнаружения ошибок воспроизведения по обратной слуховой связи или при трудности зрительного распознавания нотного паттерна, связанного со сложностью прочтения текста. Каких-либо других достоверных корреляций между параметрами исполнения всех произведений выявлено не было.

4. Объем РП (по методике OS) у пианистов составил в среднем  $4.5\pm 0.9$  элементов ( $N=28$ ) при эффективности обновления буфера РП  $94\pm 1\%$  (по методике *N-back*). Выявлены обратные корреляции (рис. 4): А) между ошибками (один из индикаторов качества чтения) и объемом РП при исполнении С1; Б) между ошибками и эффективностью обновления буфера РП; В) между ЗМЗ и эффективностью обновления буфера РП в СЗ.

5. Для исследования взаимодействия зрительной и двигательной систем у пианистов и испытуемых без навыков игры на фортепиано (контрольная группа) было измерено время сложной зрительно-моторной реакции (сЗМР). Эта реакция состояла в нажатии каждого из 10 пальцев на одну из 10 клавиш клавиатуры компьютера в ответ на подсвечивание одного из 10 кругов на экране (имитация игры на инструменте). Время сЗМР у пианистов составило в среднем для всех пальцев  $705\pm 2$  мс и оказалось высоко достоверно меньше этого показателя в контрольной группе  $1004\pm 6$  мс ( $Z_{5128}=45.094$ ,  $p<0.0001$ ). Выявлены достоверные корреляции: между сЗМР и ЗМЗ при чтении С1 ( $r=0.452$ ,  $p<0.05$ ); между стабильностью зрительно-моторной деятельности (измерена как обратная величина стандартного отклонения ЗМЗ) и сЗМР для С1 ( $r=-0.582$ ,  $p<0.01$ ) и СЗ ( $r=-0.443$ ,  $p<0.05$ ).

6. Музыкальным экспертом (преподавателем кафедры музыкального искусства факультета искусств МГУ им. М.В. Ломоносова) была произведена субъективная оценка качества чтения с листа по балльной шкале в диапазоне от 2 до 5 (5 — «отлично», 2 — «плохо»). На основании суммы присвоенных баллов за чтение каждого из трех музыкальных фрагментов выборка пианистов была разделена на две группы: те, кто справились с заданиями на «удовлетворительно» и

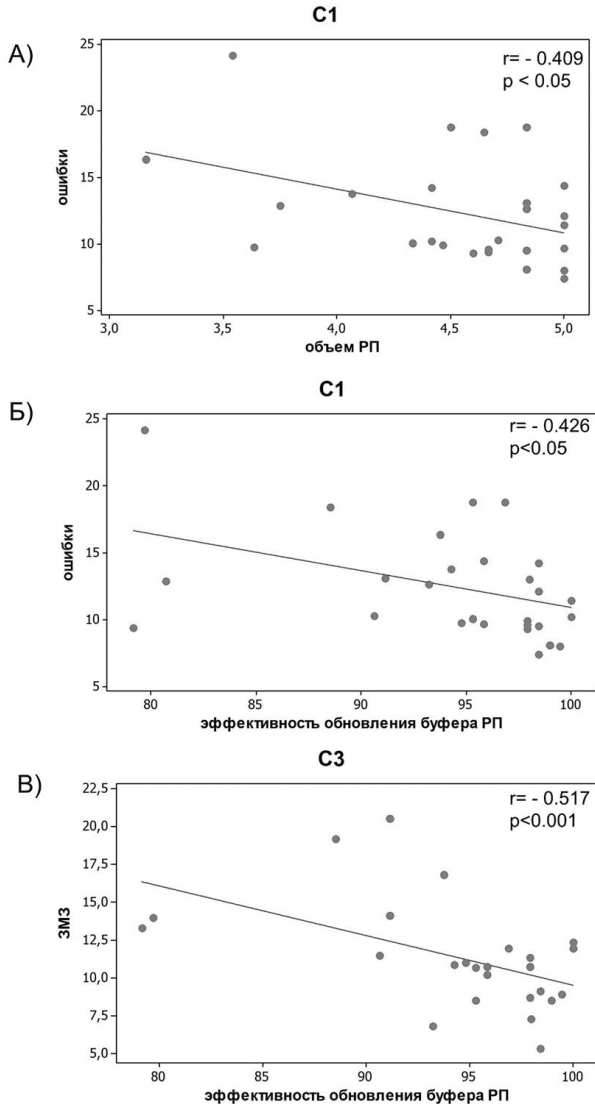


Рис. 4. А) Корреляция объема РП (элементы) с нормированными ошибками (доля ошибок/(доли/мин.) при чтении простого фрагмента (C1). Корреляция между эффективностью обновления буфера РП (%) и нормированной ЗМЗ (знаки/(доли/мин.): Б) при чтении простого фрагмента (C1) и В) при чтении сложного фрагмента (C3)

«плохо» (8—11 баллов, группа 1, гр. 1), и те, кто справились с заданиями на «отлично» и «хорошо» (12—15 баллов, группа 2, гр. 2). Далее у этих двух групп были проанализированы различия в величинах параметров зрительно-моторной деятельности и РП.

Группы пианистов не различались по средним значениям ЗМЗ при чтении всех произведений. Однако при чтении С2 и С3 выявлена статистически значимо меньшая дисперсия в группе 2 (при чтении С2 — 34.04 против 8.31,  $F_{14,13}=4.097$   $p=0.015$ ; при чтении С3 — 25.87 против 4.65,  $F_{13,13}=5.56$ ,  $p=0.004$  для групп 1 и 2 соответственно).

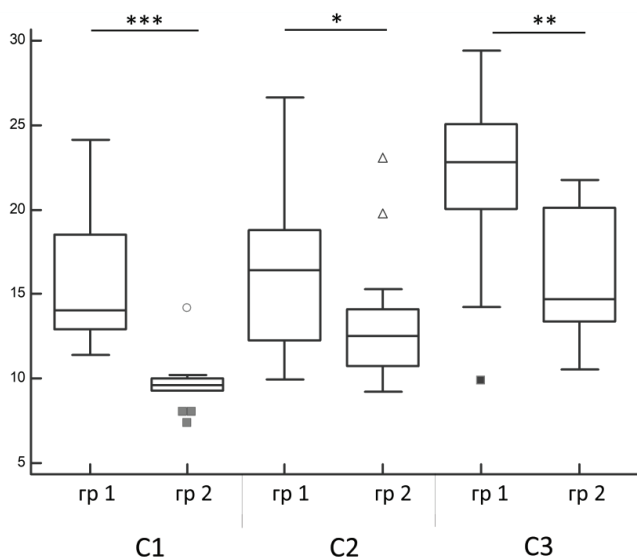


Рис. 5. Нормированные доли ошибок при чтении музыкальных фрагментов разной сложности при экспертном разделении на группы по качеству чтения с листа. Выбросы обозначены знаками (круги, квадраты, треугольники). Уровни значимости различий: \* —  $p<0.05$ , \*\* —  $p<0.01$ , \*\*\* —  $p<0.001$

Нормированные доли ошибок в группе 2 при чтении всех произведений оказались достоверно меньше, чем в группе 1 (рис. 5). При чтении С1 и С3 в группе 2 совершалось достоверно меньше регрессий, чем в группе 1 (рис. 6). Выявлена статистически значимо меньшая дисперсия в группе 2 (при чтении С1 — 13.39 против 3.31,  $F_{14,13}= 4.05$   $p=0.014$ ; при чтении С3 — 147.73 против 13.44,  $F_{13,13}= 10.99$ ,  $p<0.001$  для групп 1 и 2 соответственно).

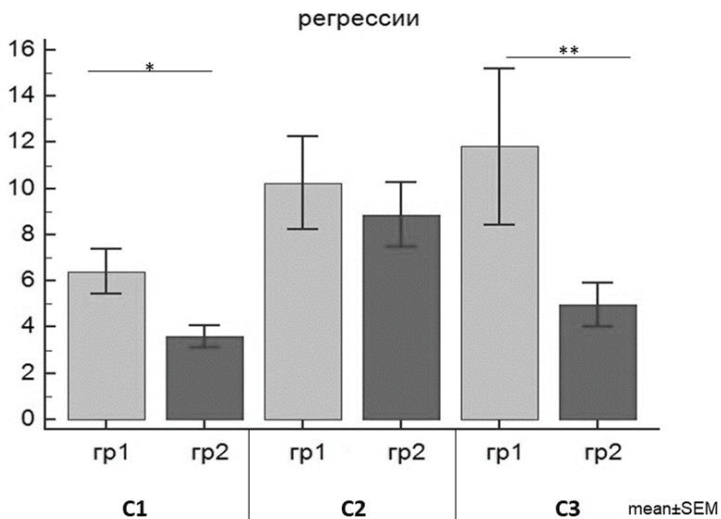


Рис. 6. Нормированное число регрессий при чтении музыкальных фрагментов разной сложности при экспертном разделении на группы по качеству чтения с листа. Уровни значимости различий: \* —  $p < 0.05$ , \*\* —  $p < 0.01$

Группы пианистов не различались по объему РП, рассчитанному по методике OS ( $4.38 \pm 0.18$  против  $4.61 \pm 0.09$ ,  $t_{26} = -1.13$ ,  $p = 0.273$ ). Однако дисперсия этого параметра оказалась достоверно меньше у группы 2 (0.41 против 0.12, для групп 1 и 2 соответственно,  $F_{26} = 3.360$ ,  $p < 0.05$ ). По эффективности обновления буфера РП (%) группы также не различались ( $93.1 \pm 1.7$  и  $95.6 \pm 1.4$  для групп 1 и 2 соответственно,  $t_{27} = -1.17$ ,  $p = 0.252$ ). При этом дисперсии этого параметра РП достоверно различались и составляли 38.81 и 28.67 для групп пианистов 1 и 2 соответственно ( $F_{27} = 4.540$ ,  $p < 0.01$ ).

### Обсуждение

Все исследуемые нами параметры деятельности пианистов при чтении с листа подвержены влиянию множества факторов, которые могут быть скрыты от нашего наблюдения или недоступны для регистрации. Поэтому оценка некоторых параметров может быть неоднозначной и требовать более детального изучения.

Один из ключевых параметров, по которому можно судить о результате выполнения задания по чтению с листа, — это темп.



В частности, стабильность поддержания темпа отражает степень сложности при чтении с листа. Как было показано в ранней работе (Souter, 2001), на темп влияет сложность произведения. Важно, что сложность произведения не ограничивается самим нотным текстом, а во многом зависит от опыта чтения с листа и собственной оценки своих навыков. Следовательно, темп — это индивидуальный показатель, отражающий влияние объективной и субъективной сложности произведения. В условиях нашего эксперимента пианистам задавали темп игры, чтобы исключить фактор субъективной сложности. Но тем не менее некоторые пианисты довольно существенно отклонялись от заданного темпа в сторону ускорения или замедления. В литературе показано влияние темпа на величину ЗМЗ (Smith, 1988), поэтому чтобы учесть это влияние, мы нормировали показатели зрительно-моторной деятельности на индивидуальный темп исполнения.

В ряде работ была показана обратная линейная зависимость величины ЗМЗ от сложности произведения (Sloboda, 1974; Souter, 2001; Терещенко и др., 2016, 2017). С1 — относительно простой музыкальный фрагмент гомофонно-гармонического склада, однополостное произведение с простым аккомпанементом. Для простого произведения мы ожидали получить самое высокое значение ЗМЗ, но результат оказался противоположным. Это может быть связано с тем, что хранение в буфере РП большого числа элементов, естественно, требует больше ментальных ресурсов (Posner, Petersen, 1990). Возможно, при чтении легкого произведения у пианистов хватает эффективности обновления РП для перевода зрительной информации в моторный ответ, чтобы избежать использования всего объема РП. Данное предположение подтверждается выявленной нами обратной корреляцией величины ЗМЗ с эффективностью обновления буфера РП (рис. 4, В).

Для параметров ЗМЗ и регрессий не характерна их монотонная зависимость от степени сложности нотного текста (рис. 2). С2 и С3 представляют собой четырехголосные полифонические фрагменты. С3 характеризуется менее типичными мелодико-гармоническими оборотами, тогда как С2 имеет более плотную фактуру, что, возможно, и является одной из причин большего числа регрессий. Но при чтении этого фрагмента значения ЗМЗ оказались самыми высокими. Произведение С2 написано в форме хорала, имеет также аккордовую фактуру и почти на каждую долю приходится по четыре ноты. Поэтому пианисту необходимо читать как минимум на один аккорд вперед, что и ведет к увеличению значений ЗМЗ.

Время сЗМР было исследовано как составляющий параметр навыка чтения с листа. У пианистов оно оказалось высоко достоверно меньше этого показателя в контрольной группе. Такие результаты свидетельствуют о более высокой эффективности зрительно-моторной интеграции у музыкантов по сравнению с немусыкантами. Мы выявили достоверную корреляцию между сЗМР и ЗМЗ при чтении относительно простого музыкального фрагмента. При этом также выявлена корреляция между стабильностью зрительно-моторной деятельности и сЗМР для чтения с листа относительно простого музыкального фрагмента. Таким образом, стабильность исполнения отчасти обратно зависит от времени сЗМР, отражающего уровень моторных навыков.

При чтении вербальных текстов регрессии обычно связывают с когнитивными сложностями прочтения (Анисимов и др., 2014). По результатам нашей работы, только при чтении сложного музыкального фрагмента наблюдается прямая зависимость между ошибками и регрессиями (рис. 3, Б), а при чтении простого музыкального фрагмента наблюдается прямая зависимость между ЗМЗ и регрессиями (рис. 3, А). Из этого следует, что при выполнении относительно нетрудной когнитивной задачи одним из факторов, связанных с появлением регрессий, выступает относительно большая ЗМЗ в пределах данного музыкального текста. При выполнении более сложной когнитивной задачи таким фактором являются ошибки исполнения, которые вызывают возвратные саккады (и последующие рефиксации) к месту неверно прочитанного текста по обратной слуховой связи (Souter, 2001).

При экспертном разделении пианистов на группы по качеству выполнения заданий по чтению с листа выявлены различия в однородности групп как по показателям зрительно-моторной деятельности, так и по параметрам РП. Средние величины ЗМЗ статистически не различались в обеих группах при чтении всех трех музыкальных текстов. Это можно объяснить тем, что выборка пианистов в целом состояла из музыкантов одинаково высокого уровня профессионализма в своей сфере. Но при этом разница между группами средне и хорошо читающих с листа пианистов отражается на дисперсии параметра ЗМЗ при чтении более сложных произведений (С2 и С3) (рис. 5). Данный параметр можно интерпретировать как стабильность зрительно-моторной интеграции. Меньшее количество ошибок в группе хорошо читающих с листа пианистов (рис. 5) является ожи-

даемым результатом, так как этот параметр входит в субъективную экспертную оценку качества чтения с листа. Вместе с тем и число регрессий оказалось меньше у хорошо читающих пианистов (рис. 6). Необходимо отметить, что регрессия является локальной когнитивной задачей, которая вызвана факторами трудности прочтения и требует программирования саккады и восприятия зрительной информации в нарушение традиционного правостороннего пространственного восприятия, характерного для чтения, в потоке когнитивных процессов при зрительно-моторной интеграции.

Интересные результаты были получены при анализе параметров РП для групп средне и хорошо читающих с листа пианистов. По объему РП и эффективности ее обновления группы различались только по дисперсии параметров (для хорошо читающих она выше). В какой-то степени данный параметр служит интегральным показателем скорости осуществления ряда ментальных процессов: восприятия информации, принятия решения об аппликатурном паттерне и формирования сложно координированного моторного ответа. Как известно, индивидуальные параметры РП коррелируют с успешностью осуществления разного рода когнитивной деятельности, а также ограничивают ее возможности (Величковский, 2015). Таким образом, степень развития навыка чтения с листа также ограничена индивидуальными параметрами РП, наиболее важный из которых — эффективность обновления буфера РП.

## **Заключение**

Полученные результаты свидетельствуют о сложной зависимости между качеством исполнения музыки при чтении с листа и объективно регистрируемыми зрительно-моторными параметрами.

Успешность чтения с листа опосредована индивидуальными параметрами РП, а группа пианистов, наиболее успешно справившихся с заданиями, характеризуется большей однородностью (меньшей дисперсией) как по показателям зрительно-моторной деятельности, так и по параметрам РП.

Таким образом, успешность чтения с листа фортепианного текста профессиональными пианистами характеризуется наименее возможной ЗМЗ при высокой эффективности обновления буфера РП.

Полученные нами результаты могут быть применены для объективной оценки исполнительского мастерства у пианистов в профессиональной деятельности и в музыкальной педагогике.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Анисимов В.Н., Федорова О.В., Латанов А.В. Параметры движений глаз при чтении предложений с синтаксической неоднозначностью в русском языке // Физиология человека. 2014. Т. 40. № 5. С. 57—68. doi.org/10.1134/S0362119714040033
- Величковский Б.Б. Рабочая память человека. Структура и механизмы. М.: Когито-Центр, 2015.
- Мальтер Л.И. Таблицы по инструментоведению. М.: Советский композитор, 1972.
- Тереженко Л.В., Бойко Л.А., Иванченко Д.К. и др. Чтение музыкального текста с листа пианистами: взгляд нейробиолога // Процедуры и методы экспериментально-психологических исследований. Сер. Интеграция академической и университетской психологии / Отв. ред. В.А. Барабанщиков. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2016. С. 339—344.
- Тереженко Л.В., Бойко Л.А., Иванченко Д.К. и др. Характеристики музыкального исполнения и зрительно-моторного взаимодействия при чтении с листа у пианистов в зависимости от особенностей музыкального произведения // Экспериментальная психология. 2017. Т. 10. № 2. С. 40—53. doi.org/10.17759/exrpsy.2017100204
- Allport D.A., Antinis B., Reynolds P. On the division of attention: A disproof of the single channel hypothesis // Quarterly Journal of Experimental Psychology. 1972. Vol. 24. P. 225—235. doi.org/10.1080/00335557243000102
- Baddeley A. Working memory: looking back and looking forward // Nature Reviews Neuroscience. 2003. Vol. 4. N 10. P. 829—839. doi.org/10.1038/nrn1201
- Baddeley A.D., Hitch G. Working Memory // The psychology of learning and motivation / Ed. by G.H. Bower. Vol. 8. N.Y.: Academic Press, 1974. P. 47—89. doi.org/10.1016/S0079-7421(08)60452-1
- Furneaux S., Land M.F. The effects of skill on the eye-hand span during musical sight reading // Proceeding of the Royal Society of London. Series B. 1999. Vol. 266. P. 2435—2440. doi.org/10.1098/rspb.1999.0943
- Goolsby T.W. Eye movement in music reading: effects of reading ability, notational complexity, and encounters // Music Perception. 1994. Vol. 12. N 1. P. 77—96. doi.org/10.2307/40285756
- Kahneman D. Attention and effort. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1973.
- Kinsler V., Carpenter R.H.S. Saccadic eye movement while reading music // Vision Research. 1995. Vol. 35. N 10. P. 1447—1458. doi.org/10.1016/0042-6989(95)98724-N
- Levin H., Kaplan E.A. Grammatical structure and reading // Basic studies on reading / Ed. by H. Levin, J.P. Williams. N.Y.: Basic Books, 1970. P. 222—245.
- Meinz E.J., Hambrick D.Z. Deliberate practice is necessary but not sufficient to explain individual differences in piano sight-reading skill: The role of working memory capacity // Psychological Science. 2010. Vol. 21. Is. 7. P. 914—919. doi.org/10.1177/0956797610373933

Neubauer A.C. The mental speed approach to the assessment of intelligence // *Advances in Cognition and Educational Practice: Reflections on the Concept of Intelligence*. V. 4. / Ed. by J. Kingma, W. Tomic. Greenwich, CT: JAI Press, 1997. P. 149—174.

Owen A.M., McMillan K.M., Laird A.R., Bullmore E. N-Back working memory paradigm: meta-analysis of normative functional neuroimaging studies // *Human Brain Mapping*. 2005. Vol. 25. P. 46—59. doi.org/10.1002/hbm.20131

Posner M., Petersen S. The attention system of the human brain // *Annual Review of Neuroscience*. 1990. Vol. 13. P. 25—42. doi.org/10.1146/annurev.ne.13.030190.000325

Sedov A.S., Popov V.A., Filyushkina V.I. et al. Cognitive aspects of human motor activity: Contribution of right hemisphere and cerebellum // *Psychology in Russia: State of the Art*. 2017. Vol. 10. N 3. P. 206—217.

Sloboda J.A. The eye-hand span: an approach to the study of sight-reading // *Psychology of Music*. 1974. Vol. 2. P. 4—10. doi.org/10.1177/030573567422001

Smith D.J. An investigation of the effects of varying temporal settings on eye movements while sight reading trumpet music and while reading language aloud: Doctoral dissertation, Pennsylvania State University, 1988.

Souter T. Eye movement and memory in the sight reading of keyboard music: Doctoral dissertation, University of Sydney, Australia, 2001.

Truitt F.E., Clifton C., Pollatsek A., Rayner K. The perceptual span and the eye-hand span in sight reading music // *Visual Cognition*. 1997. Vol. 4. N 2. P. 143—161. doi.org/10.1080/713756756

Turner M., Engle R. Is working memory capacity task dependent? // *Journal of Memory and Language*. 1989. Vol. 28. P. 127—154. doi.org/10.1016/0749-596X(89)90040-5

Velichkovsky B.B. The concentric model of human working memory: A validation study using complex span and updating tasks // *Psychology in Russia: State of the Art*. 2017. Vol. 10. N 3. P. 74—92.

Weaver H.E. Studies of ocular behavior in music reading. I. A survey of visual processes in reading differently constructed musical selections // *Psychology Monographs*. 1943. Vol. 55. P. 1—30. doi.org/10.1037/h0093537

Young L.J. A study of the eye-movements and eye-hand temporal relationships of successful and unsuccessful piano sight-readers while piano sight-reading: Doctoral dissertation, Indiana University, 1971.

## REFERENCES

Allport, D.A., Antinis, B., Reynolds, P. (1972). On the Division of Attention: A Disproof of the Single Channel Hypothesis. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 24, 225—235. doi.org/10.1080/0033557243000102

Anisimov, V.N., Fedorova, O.V., Latanov, A.V. (2014). *Parametry dvizhenij glaz pri chtenii predlozhenij s sintaksicheskoy neodnoznachnost'yu v russkom yazyke* [Parameters of Eye Movements when Reading Sentences with Syntactic Ambiguity in the Russian Language]. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology], 40, 5, 57—68. doi.org/10.1134/S0362119714040033

Baddeley, A. (2003). Working Memory: Looking Back and Looking Forward. *Nature Reviews Neuroscience*, 4, 10, 829—839. doi.org/10.1038/nrn1201

Baddeley, A.D., Hitch, G. (1974). Working Memory. In G.H. Bower (ed.), *The Psychology of Learning and Motivation* (Vol. 8, pp. 47—89). N.Y.: Academic Press. doi.org/10.1016/S0079-7421(08)60452-1

Furneaux S., Land M.F. (1999). The Effects of Skill on the Eye-Hand Span during Musical Sight Reading. *Proceeding of the Royal Society of London. Series B*, 266, 2435—2440. doi.org/10.1098/rspb.1999.0943

Goolsby, T.W. (1994). Eye Movement in Music Reading: Effects of Reading Ability, Notational Complexity, and Encounters. *Music Perception*, 12, 1, 77—96. doi.org/10.2307/40285756

Kahneman, D. (1973). *Attention and Effort*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Kinsler, V., Carpenter, R.H.S. (1995). Saccadic Eye Movement while Reading Music. *Vision Research*, 35, 10, 1447—1458. doi.org/10.1016/0042-6989(95)98724-N

Levin, H., Kaplan, E.A. (1970). Grammatical Structure and Reading. In H. Levin, J.P. Williams (eds.), *Basic studies on reading* (pp. 222—245). N.Y.: Basic Books.

Mal'ter, L.I. (1972). *Tablitsy po instrumentovedeniyu* [Instrumentation Tables]. Moscow: Sovetsky kompozitor.

Mainz, E.J., Hambrick, D.Z. (2010). Deliberate Practice is Necessary but not Sufficient to Explain Individual Differences in Piano Sight-reading Skill: The role of Working Memory Capacity. *Psychological Science*, 21, 7, 914—919. doi.org/10.1177/0956797610373933

Neubauer, A.C. (1997). The Mental Speed approach to the Assessment of Intelligence. In J. Kingma, W. Tomic (eds.), *Advances in Cognition and Educational Practice: Reflections on the Concept of Intelligence* (V. 4, pp. 149—174). Greenwich, CT: JAI Press.

Owen, A.M., McMillan, K.M., Laird, A.R., Bullmore, E. (2005). N-Back Working Memory Paradigm: Meta-analysis of Normative Functional Neuroimaging Studies. *Human Brain Mapping*, 25, 46—59. doi.org/10.1002/hbm.20131

Posner, M., Petersen, S. (1990). The Attention System of the Human Brain. *Annual Review of Neuroscience*, 13, 25—42. doi.org/10.1146/annurev.ne.13.030190.000325

Sedov, A.S., Popov, V.A., Filyushkina, V.I., et al. (2017). Cognitive aspects of human motor activity: Contribution of right hemisphere and cerebellum. *Psychology in Russia: State of the Art*, 10 (3), 206—217.

Sloboda, J.A. (1974). The Eye-Hand Span: An Approach to the Study of Sight-reading. *Psychology of Music*, 2, 4—10. doi.org/10.1177/030573567422001

Smith, D.J. (1988). *An Investigation of the Effects of Varying Temporal Settings on Eye Movements while Sight Reading Trumpet Music and while Reading Language Aloud*: Doctoral dissertation. Pennsylvania State University.

Souter, T. (2001). *Eye Movement and Memory in the Sight Reading of Keyboard Music*: Doctoral dissertation. University of Sydney, Australia.

Tereshchenko, L.V., Boyko, L.A., Ivanchenko, D.K., et al. (2016). Chtenie muzykal'nogo teksta s lista pianistami: vzglyad neirofiziologa [Reading a musical text from a sheet of pianists: a view of a neurophysiologist]. In V.A. Barabanshchikov

(ed.), *Procedury i metody eksperimental'no-psihologicheskikh issledovanij. Ser. Integraciya akademicheskoy i universitetskoj psihologii* [Procedures and methods of experimental-psychological research. Series: Integration of academic and university psychology] (pp. 339—344). Moscow: Publishing House “Institute of Psychology RAS”. doi.org/10.17759/exppsy.2017100204

Tereshchenko, L.V., Boyko, L.A., Ivanchenko, D.K., et al. (2017). Harakteristiki muzykal'nogo ispolnenie i zritelno-motornogo vzaimodeistviq pri chtenii s lista u pianistov v zavisimosti ot osobennostej muzykal'nogo proizvedeniya [Characteristics of musical performance and visual-motor interaction when reading from a sheet of pianists, depending on the characteristics of the musical work]. *Eksperimental'naya psikhologiya* [Experimental Psychology], 10, 2, 40—53.

Truitt, F.E., Clifton, C., Pollatsek, A., Rayner, K. (1997). The Perceptual Span and the Eye-Hand Span in Sight Reading Music. *Visual Cognition*, 4, 2, 143—161. doi.org/10.1080/713756756

Turner, M., Engle, R. (1989). Is Working Memory Capacity Task Dependent? *Journal of Memory and Language*, 28, 127—154. doi.org/10.1016/0749-596X(89)90040-5

Velichkovsky, B.B. (2015). *Rabochaya pamyat' cheloveka. Struktura i mekhanizmy* [Working memory of a person. Structure and mechanisms]. Moscow: Kogito-Centr.

Velichkovsky, B.B. (2017). The concentric model of human working memory: A validation study using complex span and updating tasks. *Psychology in Russia: State of the Art*, 10 (3), 74—92.

Weaver, H.E. (1943). Studies of Ocular Behavior in Music Reading. I. A survey of visual processes in reading differently constructed musical selections. *Psychology Monographs*, 55, 1—30. doi.org/10.1037/h0093537

Young, L.J. (1971). *A study of the Eye-movements and Eye-Hand Temporal Relationships of Successful and Unsuccessful Piano Sight-readers while Piano Sight-reading*: Doctoral dissertation. Indiana University.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Бойко Любовь Алексеевна** — инженер кафедры высшей нервной деятельности биологического ф-та МГУ имени М.В. Ломоносова (Москва, Россия). *E-mail*: lulu.boiko@yandex.ru

**Терещенко Леонид Викторович** — кандидат биологических наук, старший научный сотрудник кафедры высшей нервной деятельности биологического ф-та МГУ имени М.В. Ломоносова (Москва, Россия). *E-mail*: lter@mail.ru

**Величковский Борис Борисович** — доктор психологических наук, доцент кафедры методологии психологии ф-та психологии МГУ имени М.В. Ломоносова (Москва, Россия). *E-mail*: velitchk@mail.ru

**Латанов Александр Васильевич** — доктор биологических наук, профессор, зав. кафедрой высшей нервной деятельности биологического ф-та МГУ имени М.В. Ломоносова (Москва, Россия). *E-mail*: latanov.msu@gmail.com

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Lyubov A. Boyko**, Engineer of the Department of Higher Nervous Activity of the Biological Faculty of the Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia. E-mail: lulu.boyko@yandex.ru

**Leonid V. Tereshchenko**, Cand. Sci. (Biol.), Senior Researcher, Department of Higher Nervous Activity, Biological Faculty, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia. E-mail: lter@mail.ru

**Boris B. Velichkovsky**, Doct. Sci. (Psychol.), Associate Professor of the Department of Methodology of Psychology, Faculty of Psychology, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia. E-mail: velitchk@mail.ru

**Alexander V. Latanov**, Doct. Sci. (Biol.), Professor, Head of the Department of Higher Nervous Activity of the Biological Faculty of the Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia. E-mail: latanov.msu@gmail.com