

**■ экспериментальные сообщения ■**

# Вклад фонологической и орфографической обработки в развитие скорости чтения у русскоязычных младших школьников

**Нина Станиславовна Здорова**

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, Россия; Научно-технологический университет «Сириус», Сочи, Россия; Институт языкознания РАН, Москва, Россия

**Анастасия Владленовна Каприелова**

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, Россия; Научно-технологический университет «Сириус», Сочи, Россия

**Анастасия Александровна Лопухина**

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, Россия; Научно-технологический университет «Сириус», Сочи, Россия

**Ксения Викторовна Барцева**

Научно-технологический университет «Сириус», Сочи, Россия

**Ольга Дмитриевна Веденина**

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, Россия; Научно-технологический университет «Сириус», Сочи, Россия

**Софья Михайловна Гольдина**

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, Россия; Научно-технологический университет «Сириус», Сочи, Россия

**Владислава Николаевна Староверова**

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, Россия; Научно-технологический университет «Сириус», Сочи, Россия

**Ольга Викторовна Драгой**

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, Россия; Научно-технологический университет «Сириус», Сочи, Россия; Институт языкознания РАН, Москва, Россия

**Аннотация.** На материале индоевропейских языков неоднократно было показано, что фонологическая и орфографическая обработка являются основными предикторами освоения чтения. Непосредственный вклад каждого типа обработки может варьировать в зависимости от письменности и орфографии языка, а также от исследуемой популяции. Настоящее исследование с помощью поведенческих тестов оценивает влияние уровня фонологической и орфографической обработки с учетом возраста на скорость чтения в группе 117 русскоязычных школьников в возрасте 6–12 лет (1–5-й классы). Согласно результатам, как фонологическая, так и орфографическая обработка вносят значимый вклад в формирование навыка чтения на русском языке. Вклад в вариативность скорости чтения вносит также возраст школьников: с 6 до 10 лет скорость чтения увеличивается с каждым годом, в то время как в возрасте 10–12 лет скорость чтения может варьировать, но дальнейшего ее увеличения не наблюдается.

**Контактная информация:** Нина Станиславовна Здорова, [nzdorova@hse.ru](mailto:nzdorova@hse.ru), 101000, г. Москва, пер. Кривоколенный, 3, каб. 311; Анастасия Владленовна Каприелова, [akaprielova@hse.ru](mailto:akaprielova@hse.ru), 101000, г. Москва, пер. Кривоколенный, 3, каб. 311; Анастасия Александровна Лопухина, [alopukhina@hse.ru](mailto:alopukhina@hse.ru); Ксения Викторовна Барцева, [bartseva.ksenia@gmail.com](mailto:bartseva.ksenia@gmail.com);

Ольга Дмитриевна Веденина, [olgetta0511@gmail.com](mailto:olgetta0511@gmail.com); Софья Михайловна Гольдина, [sonniegolden@gmail.com](mailto:sonniegolden@gmail.com); Владислава Николаевна Староверова, [staroverovavlada@yandex.ru](mailto:staroverovavlada@yandex.ru); Ольга Викторовна Драгой, [odragoy@hse.ru](mailto:odragoy@hse.ru).

**Ключевые слова:** фонологическая обработка, орфографическая обработка, освоение чтения, чтение на кириллическом письме, скорость чтения вслух на русском языке

© 2021 Нина Станиславовна Здорова, Анастасия Владленовна Каприелова, Анастасия Александровна Лопухина, Ксения Викторовна Барцева, Ольга Дмитриевна Веденина, Софья Михайловна Гольдина, Владислава Николаевна Староверова, Ольга Викторовна Драгой. Данная статья доступна по лицензии [Creative Commons "Attribution" \(«Атрибуция»\) 4.0. всемирная](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), согласно которой возможно неограниченное распространение и воспроизведение этой статьи на любых носителях при условии указания авторов и ссылки на исходную публикацию статьи в данном журнале в соответствии с канонами научного цитирования.

**Благодарности.** Исследование выполнено при поддержке гранта РФФИ, № 19-313-51014. Мы благодарим всех участников эксперимента и их родителей. Особая благодарность выражается коллегам Образовательного фонда «Талант и успех» г. Сочи, Россия.

Статья поступила в редакцию 5 августа 2020 г. Принята в печать 26 июня 2021 г.

## Введение

Овладение навыком чтения связано с физиологическим развитием, в частности с развитием глазодвигательной функции и изменением паттерна движений глаз при чтении (Klein, Foerster, 2001; Huestegge et al., 2009), с развитием когнитивных функций и рабочей памяти (Ferreira et al., 2013), а также с развитием других речевых навыков. Среди условий успешного овладения навыком чтения можно выделить: «сформированность устной речи, фонетико-фонематической ее стороны (произношения, слуховой дифференциации фонем, фонематического анализа и синтеза), лексико-грамматического анализа и синтеза, лексико-грамматического строя, достаточное развитие пространственных представлений, зрительного анализа, синтеза и мнестиса» (Волкова, Шаховская, 1998, с. 446). В актуальной литературе приведенные речевые навыки подразделяются на навыки фонологической и орфографической обработки, которые напрямую влияют на овладение чтением (Grainger et al., 2012; Ziegler et al., 2014).

Фонологическая обработка понимается в настоящем исследовании как «способность использовать фонологическую информацию о языке для обработки письменной и устной речи» (Wagner, Torgesen, 1987, р. 192). Формирование навыков фонологической обработки является предпосылкой освоения чтения, что было показано в работах Б. Бирна (Byrne, 1998), В. Манн и И. Либерман (Mann, Liberman, 1984) и С.В. Дорофеевой и др. (Dorofeeva et al., 2020). Обзор исследований с 1973 по 1997 год (Bus, Van Ijzendoorn, 1999) показал, что с развитием навыка фонологической обработки у детей дошкольного и школьного возраста улучшается навык чтения. Связь становления навыка фонологической обработки и последующего овладения чтением была продемонстрирована в ряде работ (Parrila et al., 2004; Schatschneider et al., 2004; Lonigan et al., 2000; Catts et al., 2001). Из них следует, что развитый навык фонологической обработки предсказывает успешное освоение чтения, в то время как дефицит фонологической обработки является важным предиктором трудностей чтения.

Другой речевой навык, который принято ассоциировать с чтением, — навык орфографической обработки (Compton, 2003; Savage, Frederickson, 2005; Landerl, Wimmer, 2008). Под этим понимается формирование орфографического лексикона, то есть стойких ассоциаций графического образа более крупных языковых единиц (морфем, слов) с соответствующими единицами звучащей речи. Для оценки вклада орфографической обработки в чтение необходимо учитывать тип письма (алфавитное, иероглифическое и т.д.) и тип орфографии, то есть соотношение буквы и обозначаемого ей звука (например, немецкий — язык с прозрачной орфографией [transparent orthography], в то время как английский и французский — с непрозрачной [opaque orthography]). Для индоевропейских языков с латинской письменностью и при этом разными типами орфографии (английский, немецкий, французский, финский, венгерский) была показана одинаково высокая корреляция навыков орфографической обработки и скорости чтения (Moll et al., 2014). При этом в исследовании (Ziegler et al., 2010) было показано, что соотношение вклада фонологической и орфографической обработки в чтение различается в зависимости от типа орфографии: вклад фонологической обработки увеличивается в менее прозрачных орфографических системах.

Чтение на русском языке изучалось ранее в различных аспектах: влияние шрифта в кириллическом тексте на понимание прочитанного детьми с нормальным речевым развитием и детьми с дислексией (Alexeeva et al., 2020), разница обработки текстовой информации на русском языке и русского текста с графическими элементами (Petrova, Riekhakaunnen, 2018; Bratash et al., 2020), окулomotorная активность второклассников при чтении русских текстов разной сложности (Безруких и др., 2017). Важнейшими работами, описывающими становление навыка чтения у русскоязычных младших школьников, являются исследования А.Н. Корнева (1997, 2018). Вклад фонологической обработки в освоение чтения исследовался в работах С.В. Дорофеевой с коллегами (Дорофеева и др., 2019а, 2019б; Dorofeeva et al., 2020) и Н.В. Рахлиной с коллегами (Rakhlin et al., 2019). При этом совместный вклад

орфографической и фонологической обработки в формировании навыков чтения на русском языке изучен лишь в работе Рахлиной и др. (Rakhlin et al., 2019). Согласно данному исследованию, при значимом вкладе и фонологической, и орфографической обработки именно навык орфографической обработки в большей степени определяет сформированность навыка чтения (а именно скорость чтения, то есть количество правильно прочитанных слов за минуту). Такие результаты были получены на основании серии поведенческих тестов, оценивающих навыки фонологической, орфографической обработки и автоматизированного названия в группе учащихся 2–6-го классов, разделенных в процессе анализа на две группы: начинающих и продвинутых в чтении (Rakhlin et al., 2019). Исследования Дорофеевой и др. (2019а, 2019б; Dorofeeva et al., 2020), в которых отдельно оценивался вклад фонологической обработки в скорость чтения, показали значимость этого навыка для чтения младших школьников 1–4-го класса. Вероятно, меньший вклад фонологической обработки в чтение в результатах исследования Рахлиной и др. (Rakhlin et al., 2019) обусловлен выбором тестов на простую фонологическую обработку. Дорофеева и др. (Dorofeeva et al., 2020) подчеркивают, что именно сложная фонологическая обработка вносит значимый вклад в скорость чтения. Однако до сих пор не проводилось исследования на материале русского языка, которое включало бы в одном анализе вклад сложной фонологической обработки и орфографической обработки (с которой ассоциировано автоматизированное название цифр) в скорость чтения текста в группе школьников с 1-го по 5-й класс.

Настоящее исследование ставит своей целью изучить вклад навыков фонологической и орфографической обработки в скорость чтения текста у русскоговорящих учащихся 1–5-го классов. Новизна нашего исследования заключается во включении в выборку группы первоклассников (которая, в свою очередь, отсутствует в выборках Корнева [1997] и Rakhlin et al. [2019]), в выборе диагностического теста для оценки навыков сложного фонологического анализа и во включении обоих предикторов чтения в один анализ. Для оценки навыка фонологической обработки мы используем тест «Замена звука в псевдослове» из батареи тестов ЗАРЯ, который показал себя как наиболее надежный предиктор сформированности сложной фонологической обработки (Dorofeeva et al., 2020). В свою очередь, тесты на более простую фонологическую обработку (например, повторение псевдослова, дискриминация фонем), ввиду их недостаточной чувствительности (Dorofeeva et al., 2020), не использовались. Для оценки навыка орфографической обработки мы используем тест на быстрое автоматизированное название цифр (Rapid Automatized Naming; Denckla, Rudel, 1974), который показал высокую чувствительность в исследовании (Kuperman, Van Dyke, 2011). Развитость навыка орфографической обработки может быть оценена с помощью различных тестов в зависимости от того, какой компонент обработки находится в фокусе исследования. В настоящем исследовании мы стремимся оценить развитость орфографической обработки в широком смысле, включающую распознавание и название графических символов.

Таким образом, для оценки орфографической обработки мы использовали тест на автоматизированное название, который также ассоциируется с орфографической обработкой в ряде работ (Bowers, Wolf, 1993; Bowers, Newby-Clark, 2002; Kuperman, Van Dyke, 2011; Moll et al., 2014). Помимо уровня развития фонологической и орфографической обработки мы рассматриваем возраст ребенка как один из факторов, влияющих на скорость чтения, поскольку более взрослые школьники имеют больший опыт чтения и читают быстрее, чем младшие школьники (Корнев, 1997). Мы предполагаем, что все три фактора (навык фонологической обработки, навык орфографической обработки и возраст) вносят вклад в объяснение вариативности в результатах скорости чтения.

## Метод

### Участники

В исследовании приняло участие 117 школьников 6–12 лет с 1-го по 5-й классы (55 девочек; 8 левшей и 2 амбидекстра; средний возраст 9 лет,  $SD=1.6$ ), учащиеся средних общеобразовательных школ г. Сочи. Для всех детей русский язык был родным. Информация о распределении детей по возрасту и полу представлена в таблице 1. Все участники проходили тестирование с письменного согласия родителей. У детей не было диагностированных неврологических расстройств и патологий речи. Все участники имели нормальное или скорректированное до нормального зрение; нормальный слух (по данным проверки слуха с помощью программы *Audiogramm* версии 4.6.1.3); и невербальный интеллект в пределах возрастной нормы (по результатам тестирования цветными прогрессивными матрицами Равена классической формы, серии A, Ab, B — три серии матриц по 12 картинок каждая; Равен, 2004). Демографические данные участников и их результаты по каждому тесту представлены на странице исследования на сайте OSF: <https://osf.io/pq4a3/>. Данное исследование было рассмотрено и одобрено этическим комитетом НИУ ВШЭ.

### Материалы и процедура

Скорость чтения оценивалась в соответствии со «Стандартизированной методикой исследования навыка чтения» (СМИНЧ; Корнев, 1997). Перед началом тестирования мы предупреждали ребенка о том, что будем записывать его на диктофон. Ребенок читал текст «Как я ловил раков» вслух, начиная с заголовка. Мы засекали время после прочтения заголовка и считали количество правильно прочитанных слов за первую минуту чтения, т.е. из всех прочитанных ребен-

Таблица 1. Распределение участников по возрасту и полу

	Возраст, лет						
	6	7	8	9	10	11	12
N=117							
Девочки	0	11	12	11	11	8	2
Мальчики	1	12	11	10	9	13	6

ком слов вычитались ошибочно прочитанные слова. Ошибкой считалось добавление или изменение звуков в словах, а также перестановка звуков местами, произнесение другого слова вместо употребленного в тексте — в соответствии с системой ошибок, описанной Дорофеевой и др. (2019б). Самоисправление за ошибку не считалось.

Навыки фонологической обработки оценивались с помощью теста «Замена звука в псевдослове» из батареи фонологических тестов «Звуковой анализ русского языка» (ЗАРЯ; Дорофеева и др., 2019а). При выполнении этого задания задействуется пять процессов: (1) восприятие речи и распознавание фонем, (2) слухоречевая рабочая память, (3) фонематический анализ, (4) оперирование фонемами, а также (5) порождение речи и артикуляция (Dorofeeva et al., 2020). Тестирование проводилось с помощью приложения AutoRat, разработанного в Центре языка и мозга НИУ ВШЭ, на планшете Samsung Galaxy Tab A SM-T585. Тест содержит 24 пробы: по 8 односложных, двусложных и трехсложных псевдослов. Каждая проба начиналась с записанной инструкции диктора в приложении, например «Замени звук [в] на [в']. Мимива», где «Мимива» — это псевдослово, в котором необходимо произвести замену. Ребенок должен был громко и четко произнести псевдослово, полученное в результате замены фонем — например, в данном случае — «Мимивя». Устные ответы участников записывались на планшет, на котором предъявлялся тест. После завершения теста экспериментатор производил ручную оценку ответов как правильные и неправильные в том же планшетном приложении. Мы подсчитывали процент правильно выполненных проб.

Навыки орфографической обработки оценивались с помощью теста на быстрое автоматизированное называние цифр (Denckla, Rudel, 1974). Выполнение этого теста ассоциируется с развитостью орфографической обработки (Moll et al., 2014). В этом задании ребенку предъявлялась матрица из 50 цифр (5 строк по 10 цифр в каждой строке), состоящая из цифр 2, 4, 6, 7 и 9. Ребенку нужно было назвать как можно быстрее все цифры из матрицы по строкам слева направо и сверху вниз. Мы оценивали общее время, потраченное на называние всех цифр. Тестирование также проводилось на планшете в программе *AutoRat*.

Каждого участника мы тестировали в индивидуальном порядке в лаборатории НТУ «Сириус». После заполнения родителями информированного согласия и анкеты каждый ребенок проходил проверку слуха и тест на уровень невербального интеллекта. После этого мы оценивали скорость чтения ребенка в соответствии со СМИНЧ, далее ребенок проходил тестирование на оценку навыка фонологической обработки, последним предъявлялся тест на быстрое автоматизированное называние цифр. Вся процедура занимала в среднем 40 минут. При необходимости между тестами ребенок мог сделать перерыв.

### Анализ данных

Статистический анализ данных был проведен в среде R с применением линейной регрессии при помощи пакетов *lme4* (Bates et al., 2015) и *ggplot2* (Wickham,

2016). Все предикторы рассматривались в одной модели. Все данные, необходимые для воспроизведения статистического анализа, а также полный код можно найти в папке *analysis* по следующей ссылке: <https://osf.io/pq4a3/>. Мы исследовали, какой вклад в формирование навыка чтения у детей вносят такие факторы, как возраст, фонологическая обработка (процент правильных ответов в тесте «Замена звука в псевдослове») и орфографическая обработка (время в секундах, необходимое для выполнения теста на быстрое автоматизированное называние цифр). Возраст был включен в анализ в качестве одного из предикторов формирования навыка чтения с целью контроля соответствующей вариативности. Зависимой переменной было логарифмически трансформированное количество правильно прочитанных слов за одну минуту.

## Результаты

Данные описательной статистики по всем переменным, используемым в анализе, представлены в таблице 2.

Зависимость между скоростью чтения и возрастом проявлялась следующим образом: при увеличении возраста участников на один год скорость чтения увеличилась в среднем на 25 слов (рисунок 1). При увеличении на 25 % правильно выполненных проб в задании на фонологическую обработку количество правильно прочитанных слов также увеличивалось в среднем на 12.5 (рисунок 2). При увеличении времени в задании на быстрое автоматизированное называние цифр на 10 секунд в среднем дети читали на 20 слов в минуту меньше (рисунок 3).

На графиках приведены экспериментальные не трансформированные данные. Для дальнейшего анализа мы использовали в качестве зависимой переменной логарифмически трансформированное количество правильно прочитанных слов за одну минуту.

По результатам статистического анализа данных была выявлена значимая зависимость скорости чтения по СМИНЧ (количество слов в минуту) от возраста, процента правильных ответов в тесте «Замена звука в псевдослове» и скорости выполнения теста на быстрое автоматизированное называние цифр (для всех предикторов значение  $p < .001$ ). Абсолютное значение оценки параметра говорит о размере вклада, который привносит каждый из предикторов в формирование скорости чтения (по результатам видно, что наибольший вклад привносит возраст). Все предикторы вносят независимый вклад в формирование навыка чтения: фактор инфляции дисперсии равен 1.6, 1.3, 1.7, значения толерантности равны .6, .8, .6 для возраста, фонологической и орфографической обработки соответственно.

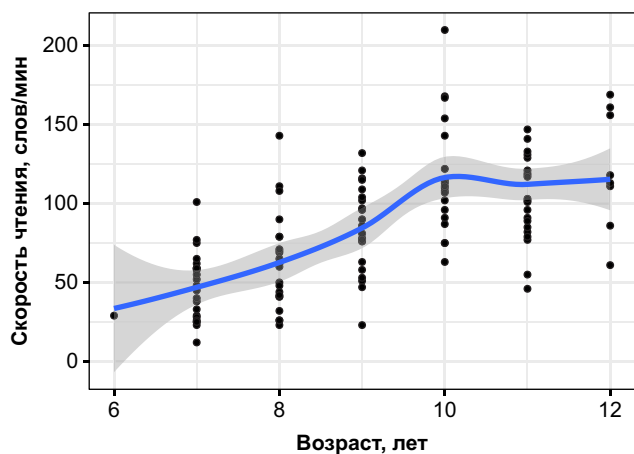
Результаты линейной регрессии представлены в таблице 3.

## Обсуждение

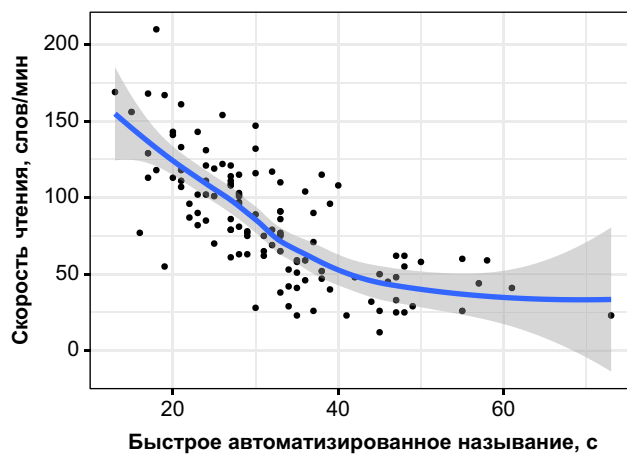
В настоящем исследовании мы анализировали вклад фонологической обработки, орфографической обработки и возраста школьников в степень сформиро-

Таблица 2. Средние значения и стандартное отклонение (в скобках) для всех участников по классам

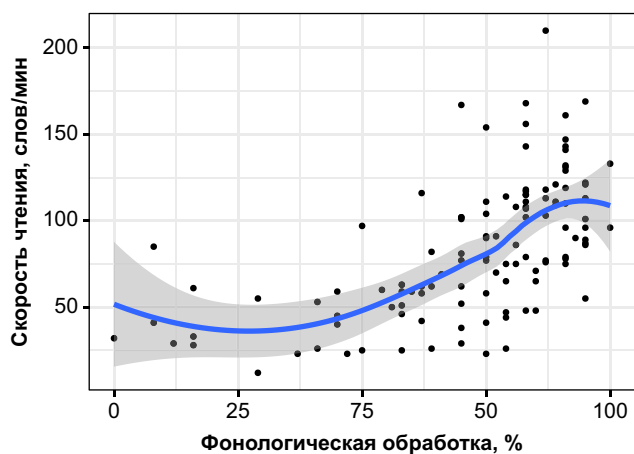
Предиктор	Мера	Класс				
		1	2	3	4	5
СМИНЧ	Количество правильно прочитанных слов в минуту	50.2 (26.8)	74.4 (25.8)	93.9 (18.7)	119.6 (26.4)	115.0 (39.9)
ЗАРЯ	Процент правильно выполненных проб	59.5 (24.4)	70.7 (16.6)	80.7 (11.7)	80.0 (21.5)	80.8 (21.1)
RAN	Время называния в секундах	40.3 (9.1)	35.1 (12.4)	29.9 (6.5)	25.3 (5.1)	22.7 (5.6)
Возраст	Годы	7.3 (0.5)	8.6 (0.5)	9.5 (0.5)	10.5 (0.5)	11.3 (0.5)



**Рисунок 1.** Зависимость между скоростью чтения и возрастом. На графике представлены средние значения и 95-процентный доверительный интервал (серая область). Данные отдельных участников представлены точками



**Рисунок 3.** Зависимость между скоростью чтения и скоростью выполнения теста на быстрое автоматизированное название цифр (в секундах). На графике представлены средние значения и 95-процентный доверительный интервал (серая область). Данные отдельных участников представлены точками



**Рисунок 2.** Зависимость между скоростью чтения и процентом правильных ответов в тесте «Замена звука в псевдослове». На графике представлены средние значения и 95-процентный доверительный интервал (серая область). Данные отдельных участников представлены точками

Таблица 3. Влияние возраста, навыков фонологической и орфографической обработки на скорость чтения

Предикторы	Скорость чтения		
	Оценка параметра	95 % доверительный интервал	p
Свободный коэффициент	4.30	4.24 – 4.36	<.001
Возраст	0.10	0.05 – 0.14	<.001
Замена звука в псевдослове	0.01	0.01 – 0.01	<.001
Быстрое автоматизированное название цифр	-0.02	-0.03 – -0.01	<.001
Количество наблюдений	117		

ванности их навыка чтения. Навыки фонологической обработки оценивались при помощи теста «Замена звука в псевдослове» из батареи тестов ЗАРЯ (Дорофеева и др., 2019а); навыки орфографической обработки оценивались при помощи теста на быстрое автоматизированное название цифр (Rapid Automatized Naming; Denckla, Rudel, 1974); навык чтения оценивался в соответствии со «Стандартизованной методикой исследования навыка чтения» (СМИНЧ; Корнев, 1997)

как количество правильно прочитанных слов в минуту. Результаты показали, что навыки фонологической и орфографической обработки, а также возраст школьников связаны со скоростью чтения вслух. Важно отметить, что вклад каждого из трех предикторов независим и сопоставим по размеру.

Во-первых, мы показали, что успешность выполнения задания на сложную фонологическую обработку действительно предсказывает скорость чтения

вслух. Среди детей, справившихся с заданием «Замена звука в псевдослове» на 75–100%, средние значения скорости чтения варьируют между 75 и 125 правильно прочитанными словами в минуту, в то время как средняя скорость чтения детей, справившихся с заданием на фонологическую обработку на 0–50%, не превышает 50 слов в минуту. Полученные результаты соотносятся с предыдущими исследованиями о вкладе фонологической обработки в чтение (на основании тестов на простую и сложную обработку) как для русского языка (Dorofeeva et al., 2020), так и для языков, использующих латинскую письменность (Parrila et al., 2004; Schatschneider et al., 2004; Lonigan et al., 2000; Catts et al., 2001). Важно заметить, что наши результаты отличаются от результатов Рахлиной и др. (Rakhlin et al., 2019) для русского языка, которые показали, что развитый навык фонологической обработки напрямую не связан со скоростью чтения. Такие различия могут быть связаны с выбором тестов, оценивающих навыки фонологической обработки. Как показало исследование Дорофеевой и др. (Dorofeeva et al., 2020), сложная, но не простая фонологическая обработка вносит существенный вклад в объяснение вариативности в скорости чтения. Мы использовали тест, при выполнении которого задействуется пять процессов (Dorofeeva et al., 2020), тогда как в работе Рахлиной и др. (Rakhlin et al., 2019) используются более простые тесты на фонологическую обработку: повторение псевдослова и удаление фонемы или слога в начальной, конечной или центральной позиции.

Во-вторых, мы показали, что развитость орфографической обработки также является предиктором скорости чтения младших школьников. Скорость чтения 75 слов в минуту и больше наблюдалась лишь у детей, которые справились с заданием на быстрое автоматизированное называние цифр в пределах 40 секунд. Наши результаты, демонстрирующие значимый вклад орфографической обработки в скорость чтения на русском языке, соотносятся с результатами Рахлиной и др. (Rakhlin et al., 2019), утверждающими орфографическую обработку как значимый предиктор чтения. Однако стоит отметить методическую разницу с настоящей работой, которая приводит к различным результатам и интерпретации. В работе Рахлиной и коллег (Rakhlin et al., 2019) орфографическая обработка оценивалась с помощью других тестов (запись слова под диктовку и орфографический выбор), в то время как тест на автоматизированное называние цифр использовался как показатель способности декодирования. При этом результаты всех трех тестов коррелировали между собой. Исследователи показали, что тест на быстрое автоматизированное называние цифр является значимым предиктором чтения, что соотносится с нашими результатами. Следует отметить, что тест на быстрое автоматизированное называние может объяснять развитость не только орфографической обработки, но и других навыков (Georgiou et al., 2012), однако его показательность для орфографической обработки не раз подтверждалась ранее (Bowers, Wolf, 1993; Bowers, Newby-Clark, 2002; Kuperman, Van Dyke, 2011; Moll et al., 2014). Разностороннее использование теста на автоматизированное название может относиться

к ограничениям настоящего исследования, которое представляет потенциал для дальнейшего изучения.

Наконец, наши результаты подтверждают, что скорость чтения младших школьников увеличивается с возрастом. Если с 6 до 10 лет количество правильно прочитанных слов в минуту плавно увеличивается от 25 до 100–125 слов, то, достигнув пика к 10 годам, скорость чтения в 11 лет не увеличивается. Таким образом, возраст также можно считать предиктором чтения, особенно если речь идет о периоде 6–10 лет. Согласно исследованию Корнева (1997), в 3-м и 5-м классах (что соответствует возрасту 9 и 11 лет) происходит «решающая перестройка способа чтения», а именно «к 5-му классу происходит автоматизация навыка и чтение становится беглым и выразительным» (Корнев, 1997, с. 141). Беглость чтения ассоциирована со скоростью и правильно прочитанными словами. Отсюда можно было ожидать два пика в увеличении скорости чтения. Наши данные показывают, что о такой «перестройке» у современных школьников можно говорить в возрасте 10 лет.

Таким образом, наши результаты показывают, что тест «Замена звука в псевдослове», оценивающий навык сложной фонологической обработки, и тест на быстрое автоматизированное называние чисел, оценивающий навык орфографической обработки, предсказывают скорость чтения вслух у младших школьников. Мы полагаем, что эти тесты могут быть использованы как скрининговые диагностические инструменты, позволяющие предсказывать развитость навыка чтения и отслеживать изменения в чтении у школьников в начальной школе.

## Литература

- Безруких М.М., Адамовская О.Н., Иванов В.В., Филиппова Т.А. Особенности зрительного восприятия и оculoмоторной активности у второклассников при чтении текстов различной сложности // Новые исследования. 2017. Т. 53. № 4. С. 46–63.
- Волкова Л.С., Шаховская С.Н. Логопедия: Учебник для студентов дефектол. фак. вузов. / Под ред. Л.С. Волковой, С.Н. Шаховской. М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 1998.
- Дорофеева С.В., Решетникова В.А., Лауринавичюте А.К., Ахутина Т.В., Драгой О.В. Исследование взаимосвязи навыков фонематической обработки и навыков чтения // Когнитивная наука в Москве: новые исследования. М.: БукиВеди, ИППИП, 2019а. С. 151–156. URL: <https://conf.virtualcoglab.ru/2019/Proceedings/pdf/DorofeevaetalMoscowCogSci2019.pdf>.
- Дорофеева С.В., Решетникова В.А., Серебрякова М.Н., Горанская Д.Н., Ахутина Т.В., Драгой О.В. Оценка диагностической валидности стандартизированной методики исследования навыков чтения на русском языке и проверка актуальности имеющихся нормативных данных // Российский журнал когнитивной науки. 2019б. Т. 6. № 1. С. 4–24. <https://doi.org/10.47010/19.1.1>
- Корнев А.Н. Поэтапное формирование оперативных единиц письма и чтения как базовый алгоритм усвоения этих навыков // Нарушения письма и чтения у детей: изучение и коррекция. Научная монография / Под ред. О.А. Величенковой. М.: ЛОГОМАГ, 2018. С. 6–23.
- Корнев А.Н. Нарушения чтения и письма у детей: учебно-метод. пособие. СПб.: МиМ, 1997.
- Равен Д.К., Стайл И., Равен М. Цветные прогрессивные матрицы (классическая форма, серии А, Ab, B). Изд. 2-е, стереотип. М.: Когито Центр, 2004.

- Alexeeva S., Dobrego A., Zubov V. Towards the first dyslexic font in Russian // Workshop on Linguistic and Neurocognitive Resources (LiNCr2020): Proceedings. / E. Chersoni, B. Devereux, C.-R. Huang (Eds.). European Language Resources Association (ELRA), 2020. P. 9–14. URL: [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/317390/2020\\_Towards\\_the\\_First\\_Dyslexic\\_Font\\_in\\_Russian.pdf](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/317390/2020_Towards_the_First_Dyslexic_Font_in_Russian.pdf)
- Bates D., Maechler M., Bolker B. Fitting linear mixed-effects models using lme4 // Journal of Statistical Software. 2015. Vol. 67. No. 1. P. 1–48. <https://doi.org/10.18637/jss.v067.i01>
- Bowers P.G., Newby-Clark E. The role of naming speed within a model of reading acquisition // Reading and Writing. 2002. Vol. 15. P. 109–126. <https://doi.org/10.1023/a:1013820421199>
- Bowers P.G., Wolf M. Theoretical links among naming speed, precise timing mechanisms and orthographic skill in dyslexia // Reading and Writing. 1993. Vol. 5. No. 1. P. 69–85. <https://doi.org/10.1007/bf01026919>
- Bratash V.S., Riekhakaynen E.I., Petrova T.E. Creating and processing sketchnotes: A psycholinguistic study // Procedia Computer Science. 2020. Vol. 176. P. 2930–2939. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.09.210>
- Bus A.G., van Ijzendoorn M.H. Phonological awareness and early reading: A meta-analysis of experimental training studies // Journal of Educational Psychology. 1999. Vol. 91. No. 3. P. 403–414. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.91.3.403>
- Byrne B. The foundation of literacy: The child's acquisition of the alphabetic principle. London: Psychology Press, 1998. <https://doi.org/10.4324/9781315804484>
- Catts H.W., Fey M.E., Zhang X., Tomblin J.B. Estimating the risk of future reading difficulties in kindergarten children // Language, Speech, and Hearing Services in Schools. 2001. Vol. 32. No. 1. P. 38–50. [https://doi.org/10.1044/0161-1461\(2001\)004](https://doi.org/10.1044/0161-1461(2001)004)
- Compton D.L. The influence of item composition on RAN letter performance in first-grade children // The Journal of Special Education. 2003. Vol. 37. No. 2. P. 81–94. <https://doi.org/10.1177/00224669030370020301>
- Denckla M.B., Rudel R. Rapid “automatized” naming of pictured objects, colors, letters and numbers by normal children // Cortex. 1974. Vol. 10. No. 2. P. 186–202. [https://doi.org/10.1016/s0010-9452\(74\)80009-2](https://doi.org/10.1016/s0010-9452(74)80009-2)
- Dorofeeva S.V., Laurinavichyute A., Reshetnikova V., Akhutina T.V., Tops W., Dragoy O. Complex phonological tasks predict reading in 7 to 11 years of age typically developing Russian children // Journal of Research in Reading. 2020. Vol. 43. No. 4. P. 516–535. <https://doi.org/10.1111/1467-9817.12327>
- Ferreira T.L., Valentin C.M.T., Ciasca S.M. Working memory and reading development // Psychology. 2013. Vol. 4. No. 10. P. 7–12. <https://doi.org/10.4236/psych.2013.410a002>
- Georgiou G.K., Papadopoulos T.C., Fella A., Parrila R. Rapid naming speed components and reading development in a consistent orthography // Journal of Experimental Child Psychology. 2012. Vol. 112. No. 1. P. 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2011.11.006>
- Grainger J., Lété B., Bertand D., Dufau S., Ziegler J.C. Evidence for multiple routes in learning to read // Cognition. 2012. Vol. 123. No. 2. P. 280–292. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2012.01.003>
- Huestegge L., Radach R., Corbic D., Huestegge S.M. Oculomotor and linguistic determinants of reading development: A longitudinal study // Vision Research. 2009. Vol. 49. No. 24. P. 2948–2959. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2009.09.012>
- Klein C., Foerster F. Development of prosaccade and anti-saccade task performance in participants aged 6 to 26 years // Psychophysiology. 2001. Vol. 38. No. 2. P. 179–189. <https://doi.org/10.1111/1469-8986.3820179>
- Kuperman V., Van Dyke J.A. Effects of individual differences in verbal skills on eye-movement patterns during sentence reading // Journal of Memory and Language. 2011. Vol. 65. No. 1. P. 42–73. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2011.03.002>
- Landerl K., Wimmer H. Development of word reading fluency and spelling in a consistent orthography: An 8-year follow-up // Journal of Educational Psychology. 2008. Vol. 100. No. 1. P. 150–161. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.100.1.150>
- Lonigan C.J., Burgess S.R., Anthony J.L. Development of emergent literacy and early reading skills in preschool children: Evidence from a latent-variable longitudinal study // Developmental Psychology. 2000. Vol. 36. No. 5. P. 596–613. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.36.5.596>
- Mann V.A., Liberman I.Y. Phonological awareness and verbal short-term memory // Journal of Learning Disabilities. 1984. Vol. 17. No. 10. P. 592–599. <https://doi.org/10.1177/002221948401701005>
- Moll K., Ramus F., Jürgen B., Jennifer B., Sarah K., Nina N., Silke S., Heikki L., Leppänen Paavo H., T., Kaisa L., Tóth D., Honbolygó F., Csépe V., Caroline B., Stéphani I., Démonet J.F., Emilie L., Sylviane V., Florence G., Isabelle S.-B., Le H.M.-F., Catherine B., Michael O., Gary H., Julie W., Daniel B., Urs M., Enrico S., van der Mark Sanne Bertram M.-M., Gerd S.-K., Karin L. Cognitive mechanisms underlying reading and spelling development in five European orthographies // Learning and Instruction. 2014. Vol. 29. P. 65–77. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2013.09.003>
- Parrila R., Kirby J.R., McQuarrie L. Articulation rate, naming speed, verbal short-term memory, and phonological awareness: Longitudinal predictors of early reading development? // Scientific Studies of Reading. 2004. Vol. 8. No. 1. P. 3–26. [https://doi.org/10.1207/s1532799xssr0801\\_2](https://doi.org/10.1207/s1532799xssr0801_2)
- Petrova T.E., Riekhakaynen E.I. Processing of verbal and non-verbal patterns: An eye-tracking study of Russian // Third international congress on information and communication technology. Advances in intelligent systems and computing. / X. S. Yang, S. Sherratt, N. Dey, A. Joshi (Eds.). Springer Singapore, 2018. Vol. 797. P. 269–276. [https://doi.org/10.1007/978-981-13-1165-9\\_24](https://doi.org/10.1007/978-981-13-1165-9_24)
- Rakhlin N.V., Mourgues C., Cardoso-Martins C., Kornev A.N., Grigorenko E.L. Orthographic processing is a key predictor of reading fluency in good and poor readers in a transparent orthography // Contemporary Educational Psychology. 2019. Vol. 56. P. 250–261. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2018.12.002>
- Savage R., Frederickson N. Evidence of a highly specific relationship between rapid automatic naming of digits and text-reading speed // Brain and Language. 2005. Vol. 93. No. 2. P. 152–159. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2004.09.005>
- Schatschneider C., Fletcher J.M., Francis D.J., Carlson C.D., Foorman B.R. Kindergarten prediction of reading skills: A longitudinal comparative analysis // Journal of Educational Psychology. 2004. Vol. 96. No. 2. P. 265–282. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.96.2.265>
- Wagner R.K., Torgesen J.K. The nature of phonological processing and its causal role in the acquisition of reading skills // Psychological Bulletin. 1987. Vol. 101. No. 2. P. 192–212. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.101.2.192>
- Wickham H. ggplot2: Elegant graphics for data analysis. Springer International Publishing, 2016. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-24277-4>
- Ziegler J.C., Bertrand D., Tóth D., Csépe V., Reis A., Faisca L., Saine N., Lyytinen H., Vaessen A., Blomert L. Orthographic depth and its impact on universal predictors of reading: A cross-language investigation // Psychological Science. 2010. Vol. 21. No. 4. P. 551–559. <https://doi.org/10.1177/0956797610363406>
- Ziegler J.C., Perry C., Zorzi M. Modelling reading development through phonological decoding and self-teaching: Implications for dyslexia // Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences. 2014. Vol. 369. No. 1634. P. 20120397:1–9. <https://doi.org/10.1098/rstb.2012.0397>

## research papers

# The Impact of Phonological and Orthographic Processing on Reading Speed in Russian-Speaking Children

**Nina Zdorova**

HSE University, Moscow, Russia;  
Sirius University of Science and Technology, Sochi, Russia;  
Institute of Linguistics, Russian Academy of Sciences,  
Moscow, Russia

**Anastasiia Kaprielova**

HSE University, Moscow, Russia;  
Sirius University of Science and Technology, Sochi, Russia

**Anastasiya Lopukhina**

HSE University, Moscow, Russia;  
Sirius University of Science and Technology, Sochi, Russia

**Ksenia Bartseva**

Sirius University of Science and Technology, Sochi, Russia

**Olga Vedenina**

HSE University, Moscow, Russia;  
Sirius University of Science and Technology, Sochi, Russia

**Sofya Goldina**

HSE University, Moscow, Russia;  
Sirius University of Science and Technology, Sochi, Russia

**Vladislava Staroverova**

HSE University, Moscow, Russia;  
Sirius University of Science and Technology, Sochi, Russia

**Olga Dragoy**

HSE University, Moscow, Russia;  
Sirius University of Science and Technology, Sochi, Russia;  
Institute of Linguistics, Russian Academy of Sciences,  
Moscow, Russia

**Abstract.** Phonological and orthographic processing are reported to be among the strongest predictors of reading development across different Indo-European languages. The relative impact of these factors can be modulated by cross-linguistic script and orthographic differences, as evidenced by many studies in European languages. The present study investigates the effect of phonological and orthographic processing on reading speed in 6- to 12-year-old (1–5 grades) Russian-speaking children ( $N=117$ ), taking into account age as a factor as well. Phonological and orthographic processing were assessed with behavioral tests. The results revealed that both skills predict reading speed in Russian. Moreover, the age of young readers can also be a non-linguistic predictor of reading speed in Russian, especially in children between 6 and 10 years old. Children aged 10 to 12 also demonstrated some variability in reading speed, although an increase in reading speed was no longer observed.

**Correspondence:** Nina Zdorova, [nzdorova@hse.ru](mailto:nzdorova@hse.ru), 101000 Moscow, Krivikolenny per. 3, room 311; Anastasiia Kaprielova, [akaprielova@hse.ru](mailto:akaprielova@hse.ru), 101000 Moscow, Krivikolenny per. 3, room 311; Anastasiya Lopukhina, [alopukhina@hse.ru](mailto:alopukhina@hse.ru); Ksenia Bartseva, [bartseva.ksenia@gmail.com](mailto:bartseva.ksenia@gmail.com); Olga Vedenina, [olgetta0511@gmail.com](mailto:olgetta0511@gmail.com); Sofya Goldina, [sonniegolden@gmail.com](mailto:sonniegolden@gmail.com); Vladislava Staroverova, [staroverovavlada@yandex.ru](mailto:staroverovavlada@yandex.ru); Olga Dragoy, [odragoy@hse.ru](mailto:odragoy@hse.ru)

**Keywords:** phonological processing, orthographic processing, reading acquisition, reading in Cyrillic, reading fluency in Russian

**Copyright** © 2021. Nina Zdorova, Anastasiia Kaprielova, Anastasiya Lopukhina, Ksenia Bartseva, Olga Vedenina, Sofya Goldina, Vladislava Staroverova, Olga Dragoy. This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License \(CC BY\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided that the original authors are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice.

**Acknowledgements.** This work was supported by the Russian Foundation of Basic Research (Research Grant No. 19-313-51014). The authors would like to thank the study participants and their parents. Special thanks are offered to our colleagues from the Education Center Talent and Success in Sochi, Russia.

Received August 5, 2020, accepted June 26, 2021.

## References

- Alexeeva, S., Dobrego, A., & Zubov, V. (2020). Towards the first dyslexic font in Russian. In E. Chersoni, B. Devereux, & C.-R. Huang (Eds.), *Workshop on Linguistic and Neuro-cognitive Resources (LiNCr2020): Proceedings* (pp. 9–14). European Language Resources Association (ELRA). Retrieved from [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/317390/2020\\_Towards\\_the\\_First\\_Dyslexic\\_Font\\_in\\_Russian.pdf](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/317390/2020_Towards_the_First_Dyslexic_Font_in_Russian.pdf).
- Bates, D., Maechler, M., & Bolker, B. (2015). Fitting linear mixed-effects models using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67(1), 1–48. <https://doi.org/10.18637/jss.v067.i01>
- Bezrukih, M.M., Adamovskaya, O., Ivanov, V., & Filippova, T. (2017). Osobennosti zritel'nogo vospriyatiya i okulomotornoj aktivnosti u vtoroklassnikov pri chtenii tekstov razlichnoj slozhnosti. [Visual perception and oculomotor activity in second grade children during reading]. *Novye Issledovaniya*, 53(4), 46–63. (In Russian).
- Bowers, P.G., & Newby-Clark, E. (2002). The role of naming speed within a model of reading acquisition. *Reading and Writing*, 15, 109–126. <https://doi.org/10.1023/a:1013820421199>
- Bowers, P.G., & Wolf, M. (1993). Theoretical links among naming speed, precise timing mechanisms and orthographic skill in dyslexia. *Reading and Writing*, 5(1), 69–85. <https://doi.org/10.1007/bf01026919>
- Bratash, V.S., Riekhakaynen, E.I., & Petrova, T.E. (2020). Creating and processing sketchnotes: A psycholinguistic study. *Procedia Computer Science*, 176, 2930–2939. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.09.210>
- Bus, A.G., & van IJzendoorn, M.H. (1999). Phonological awareness and early reading: A meta-analysis of experimental training studies. *Journal of Educational Psychology*, 91(3), 403–414. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.91.3.403>
- Byrne, B. (1998). *The foundation of literacy: The child's acquisition of the alphabetic principle*. London: Psychology Press. <https://doi.org/10.4324/9781315804484>
- Catts, H.W., Fey, M.E., Zhang, X., & Tomblin, J.B. (2001). Estimating the risk of future reading difficulties in kindergarten children. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, 32(1), 38–50. [https://doi.org/10.1044/0161-1461\(2001\)004](https://doi.org/10.1044/0161-1461(2001)004)
- Compton, D.L. (2003). The influence of item composition on RAN letter performance in first-grade children. *The Journal of Special Education*, 37(2), 81–94. <https://doi.org/10.1177/00224669030370020301>
- Denckla, M.B., & Rudel, R. (1974). Rapid “automatized” naming of pictured objects, colors, letters and numbers by normal children. *Cortex*, 10(2), 186–202. [https://doi.org/10.1016/s0010-9452\(74\)80009-2](https://doi.org/10.1016/s0010-9452(74)80009-2)
- Dorofeeva, S.V., Laurinavichyute, A., Reshetnikova, V., Akhutina, T.V., Tops, W., & Dragoy, O. (2020). Complex phonological tasks predict reading in 7 to 11 years of age typically developing Russian children. *Journal of Research in Reading*, 43(4), 516–535. <https://doi.org/10.1111/1467-9817.12327>
- Dorofeeva, S.V., Reshetnikova, V.A., Laurinavichyute, A.K., Akhutina, T.V., & Dragoy, O.V. (2019a). [The relationship between phonological processing and reading]. In E.V. Pechenkova, & M.V. Falikman (Eds.), *Kognitivnaya nauka v Moskve: novyye issledovaniya [Cognitive Science in Moscow: New Research]* (pp. 151–156). M.: BukiVedi, IPPiP. (In Russian). Retrieved from <https://conf.virtualcoglab.ru/2019/Proceedings/pdf/DorofeevaetalMoscowCogSci2019.pdf>.
- Dorofeeva, S.V., Reshetnikova, V., Serebryakova, M., Goranskaya, D., Akhutina, T.V., & Dragoy, O. (2019b). Assessing the validity of the standardized assessment of reading skills in Russian and verifying the relevance of available normative data. *The Russian Journal of Cognitive Science*, 6(1), 4–24. <https://doi.org/10.47010/19.1.1>
- Ferreira, T.L., Valentin, C.M.T., & Ciasca, S.M. (2013). Working memory and reading development. *Psychology*, 4(10), 7–12. <https://doi.org/10.4236/psych.2013.410a002>
- Georgiou, G.K., Papadopoulos, T.C., Fella, A., & Parrila, R. (2012). Rapid naming speed components and reading development in a consistent orthography. *Journal of Experimental Child Psychology*, 112(1), 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2011.11.006>
- Grainger, J., Lété, B., Bertand, D., Dufau, S., & Ziegler, J.C. (2012). Evidence for multiple routes in learning to read. *Cognition*, 123(2), 280–292. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2012.01.003>
- Huestegge, L., Radach, R., Corbic, D., & Huestegge, S.M. (2009). Oculomotor and linguistic determinants of reading development: A longitudinal study. *Vision Research*, 49(24), 2948–2959. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2009.09.012>
- Klein, C., & Foerster, F. (2001). Development of prosaccade and antisaccade task performance in participants aged 6 to 26 years. *Psychophysiology*, 38(2), 179–189. <https://doi.org/10.1111/1469-8986.3820179>
- Kornev, A.N. (2018). Formation of operational units of writing and reading as basic algorithms for mastering these skills. In O.A. Velichenkova (Ed.), *Narusheniya chteniya i pisma u detey: Izuchenie i korrekciya. Nauchnaya monografiya [Reading and writing impairments in children]* (pp. 6–23). Moscow: LOGOMAG. (In Russian).
- Kornev, A.N. (1997). *Narusheniya chteniya i pisma u detey. Uchebno-metodicheskoe posobie [Reading and writing impairments in children]*. Saint Petersburg: MiM. (In Russian).
- Kuperman, V., & Van Dyke, J.A. (2011). Effects of individual differences in verbal skills on eye-movement patterns during sentence reading. *Journal of Memory and Language*, 65(1), 42–73. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2011.03.002>
- Landerl, K., & Wimmer, H. (2008). Development of word reading fluency and spelling in a consistent orthography: An 8-year follow-up. *Journal of Educational Psychology*, 100(1), 150–161. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.100.1.150>
- Lonigan, C.J., Burgess, S.R., & Anthony, J.L. (2000). Development of emergent literacy and early reading skills in preschool children: Evidence from a latent-variable longitudinal study. *Developmental Psychology*, 36(5), 596–613. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.36.5.596>
- Mann, V.A., & Liberman, I.Y. (1984). Phonological awareness and verbal short-term memory. *Journal of Learning Disabilities*, 17(10), 592–599. <https://doi.org/10.1177/002221948401701005>
- Moll, K., Ramus, F., Jürgen, B., Jennifer, B., Sarah, K., Nina, N., Silke, S., Heikki, L., Leppänen Paavo H., T., Kaisa, L., Tóth, D., Honbolygó, F., Csépe, V., Caroline, B., Stéphanie, I., Démonet, J.F., Emilie, L., Sylviane, V., Florence, G., Isabelle, S.-B., Le, H.M.-F., Catherine, B., Michael, O., Gary, H., Julie, W., Daniel, B., Urs, M., Enrico, S., van der Mark Sanne, Bertram, M.-M., Gerd, S.-K., & Karin, L. (2014). Cognitive mechanisms underlying reading and spelling development in five European orthographies. *Learning and Instruction*, 29, 65–77. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2013.09.003>
- Parrila, R., Kirby, J.R., & McQuarrie, L. (2004). Articulation rate, naming speed, verbal short-term memory, and phonological awareness: Longitudinal predictors of early reading development? *Scientific Studies of Reading*, 8(1), 3–26. [https://doi.org/10.1207/s1532799xssr0801\\_2](https://doi.org/10.1207/s1532799xssr0801_2)

- Petrova, T.E., & Riekhakaynen, E.I. (2018). Processing of verbal and non-verbal patterns: An eye-tracking study of Russian. In X.S. Yang, S. Sherratt, N. Dey, & A. Joshi (Eds.), *Third international congress on information and communication technology. Advances in intelligent systems and computing*, Vol. 797. (pp. 269–276). Springer Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-13-1165-9\\_24](https://doi.org/10.1007/978-981-13-1165-9_24)
- Rakhlin, N.V., Mourgues, C., Cardoso-Martins, C., Kornev, A.N., & Grigorenko, E.L. (2019). Orthographic processing is a key predictor of reading fluency in good and poor readers in a transparent orthography. *Contemporary Educational Psychology*, 56, 250–261. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2018.12.002>
- Raven, J. (2004). *Tsvetnye progressivnye matritsy serii A, Ab, B [Raven's progressive matrices]*. Moscow: Cogito-Center. (In Russian).
- Savage, R., & Frederickson, N. (2005). Evidence of a highly specific relationship between rapid automatic naming of digits and text-reading speed. *Brain and Language*, 93(2), 152–159. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2004.09.005>
- Schatschneider, C., Fletcher, J.M., Francis, D.J., Carlson, C.D., & Foorman, B.R. (2004). Kindergarten prediction of reading skills: A longitudinal comparative analysis. *Journal of Educational Psychology*, 96(2), 265–282. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.96.2.265>
- Volkova, L.S., & Shakhovskaya, S.N. Volkova, L.S., & Shakhovskaya, S.N. (Eds.). (1998). *Logopediya: Uchebnik dlya studentov defektologicheskikh fakultetov pedagogicheskikh vuzov [Speech and language pathology: A student's book for college students of pedagogical universities]*. Moscow: VLADOS. (In Russian).
- Wagner, R.K., & Torgesen, J.K. (1987). The nature of phonological processing and its causal role in the acquisition of reading skills. *Psychological Bulletin*, 101(2), 192–212. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.101.2.192>
- Wickham, H. (2016). *ggplot2: Elegant graphics for data analysis*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-24277-4>
- Ziegler, J.C., Bertrand, D., Tóth, D., Csépe, V., Reis, A., Faísca, L., Saine, N., Lyytinen, H., Vaessen, A., & Blomert, L. (2010). Orthographic depth and its impact on universal predictors of reading: A cross-language investigation. *Psychological Science*, 21(4), 551–559. <https://doi.org/10.1177/0956797610363406>
- Ziegler, J.C., Perry, C., & Zorzi, M. (2014). Modelling reading development through phonological decoding and self-teaching: Implications for dyslexia. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 369(1634), 20120397:1–9. <https://doi.org/10.1098/rstb.2012.0397>