

# ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ДЕФЕКТОЛОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

**СКУРАТОВА КСЕНИЯ АНДРЕЕВНА**

*магистрант факультета психологии Санкт-Петербургского государственного университета,  
st013890@student.spbu.ru*

**KSENIYA A. SKURATOVA**

*Master's Degree Student at St. Petersburg State University*

**ШТАРЕВА АЛЕКСАНДРА СЕРГЕЕВНА**

*студентка Российского государственного педагогического университета имени А. И. Герцена,  
Институт дефектологического образования и реабилитации,  
aleksandra.shtareva@gmail.com*

**ALEKSANDRA S. SHTAREVA**

*Student at the Institute of Defectological Education and Rehabilitation  
of the Herzen State Pedagogical University*

УДК 373

## ПАТТЕРНЫ ГЛАЗОДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ УЧАЩИХСЯ С ДИСЛЕКСИЕЙ ПРИ ЧТЕНИИ ТЕКСТОВ РАЗЛИЧНОГО ВИЗУАЛЬНОГО ФОРМАТА

### PATTERNS OF OCULOMOTOR ACTIVITY IN STUDENTS WITH DYSLEXIA WHEN READING TEXTS OF VARIOUS VISUAL FORMATS

*Аннотация. Представленное в настоящей статье исследование посвящено проблемам дислексии. Анализируются пространственно-временные параметры глазодвигательной активности учащихся с дислексией при чтении вслух текстов различного визуального формата. Делается сравнение с контрольной выборкой. Авторы приходят к выводу, что оптимальными являются текст с выделенными слогами, а также текст на черном фоне. Для чтения иллюстрированного текста, напротив, детям с нарушением требуется больше времени и ресурсов.*

*ABSTRACT. The study is devoted to the analysis of the spatial-temporal parameters of the oculomotor activity in students with dyslexia when reading aloud texts of various visual formats, as well as the comparison of the results obtained with the control group. Reading time is longer for dyslexic children, compared to their peers without reading disabilities. Moreover, children with dyslexia tend to have more fixations and regressive saccades. The most efficient visual format for displaying text was found to be text with highlighted syllables, as well as text on the black background. On the contrary, the illustrated text takes longer to read and requires more resources, which does not result in better understanding.*

*Ключевые слова: движения глаз, дислексия, чтение, саккады.*

*KEYWORDS: eye movements, dyslexia, reading.*

Дислексия — расстройство, связанное с нарушением формирования навыков чтения, при сохранном интеллекте и отсутствии сенсорных патологий. Распространенность его среди детей школьного возраста, например, в США составляет от 6% до 17%, соотношение мальчиков/девочек с дислексией приблизительно 1,5:1 [14].

Методы визуализации мозга и психогенетические исследования подтвердили

нейробиологическую основу дислексии. Кроме того, известно, что симптомы дислексии различаются у носителей разных языков — это обусловлено спецификой грамматики и орфографии, а также наличием или отсутствием противоречий между фонемами и графемами, что определяет орфографическую прозрачность языка. Поэтому дислексия более распространена среди англоязычного населения, чем у испанцев или итальянцев [13]. Из-за

сложности диагностики дислексию часто называют невидимым расстройством (*hidden disability*).

Современные исследователи дислексии выделяют пять основных подходов к ее анализу. Наиболее популярна теория фонологического дефицита [12], которая объясняет дислексию как дефицит когнитивных процессов овладения, репрезентации, сохранения и активации фонем. Также имеют место теория дефицита быстрой переработки аудиторной информации [20], дефицита зрительной информации, или магноцеллюлярная теория [19], дефицита функционирования мозжечка [6], а также теория двойного дефицита [21].

Помимо трудностей с распознаванием и пониманием отдельных слов (например, орфографически похожих, низкочастотных, длинных или незнакомых слов), люди с дислексией часто испытывают проблемы визуального характера. В первую очередь это синдром зрительного утомления (*Meares — Irlen syndrome*) [10]. Таким образом, модификация визуальной составляющей текста может облегчить симптомы дислексии, повысить скорость чтения, улучшить понимание прочитанной информации.

**Стимульный материал.** В качестве стимульного материала в данном исследовании использовались пять текстов. Они были одинаковы по объему (55 слов), тематике и сложности, но различались визуально: стандартный текст (А), иллюстрированный текст (В), текст на черном фоне (С), текст с выделенными цветом слогами (D) и текст с укороченной длиной строки (Е).

Для стандартного текста (стимульный текст А), иллюстрированного текста (стимульный текст В) и текста с укороченной длиной строки (стимульный текст Е) использовали черный цвет шрифта и белый фон. В качестве цветовой пары шрифт/фон для стимульного текста С были выбраны кремовый и черный. Согласно исследованиям [18] данное цветовое сочетание делает текст наиболее удобным для восприятия людьми с дислексией.

Стимульный текст D представлял собой текст, в котором слоги в словах выделили цветом — желтым, зеленым, красным, синим. В создании этого визуального формата мы опирались на принципы гештальтпсихологии, в первую очередь на принцип схожести, поскольку цвет влияет на такие важные для чтения процессы, как группировка и сегментация слов.

Одной из важных особенностей является то, что люди с дислексией находят буквы слишком маленькими, и для этой целевой группы рекомендуется размер шрифта 12 или 14 пунктов [3]. В нашем исследовании для стимульных текстов был использован шрифт размером 14 пт. Согласно рекомендациям, межстрочный интервал должен составлять 1,5–2 [16]; мы выбрали полуторный. Для всех текстов, кроме варианта с укороченной длиной строки, средняя длина строки составила 62 символа (включая пробелы), что соответствует зарубежным рекомендациям избегать излишне длинных строк (более 70 символов); в качестве стимульного текста Е детям был предложен текст с укороченной длиной строки — в среднем 45 символов (с пробелами).

Для текстов был выбран шрифт *Arial* по следующим причинам. Во-первых, данный шрифт является одним из самых распространенных как для электронных, так и для печатных текстов [4]. Во-вторых, *Arial* рекомендуется Британской ассоциацией дислексии. В-третьих, зарубежные исследования показали, что использование этого шрифта приводит к сокращению требуемого времени для чтения [17]. Выравнивание по левому краю предпочтительно для людей с дислексией, поскольку помогает избежать появления разного расстояния между словами, затрудняющего чтение [16].

Стимульный текст В содержал иллюстрации (по две в строке). По мнению исследователей, иллюстративный материал, включенный в текст, выполняет несколько функций: привлечение внимания и управление им, повышение удовольствия от чтения, изменение силы и направленности аффективной составляющей текста, содействие пониманию и запоминанию текстовой информации. Кроме того, иллюстрация может быть эффективным заменителем слова и положительно влиять на скорость чтения. Большинство исследований показывают, что иллюстрации более полезны для детей, имеющих проблемы с чтением, нежели для детей без подобных нарушений [11]. Согласно современным данным, длительность фиксации на изображениях, включенных в текст, выше у людей с дислексией, чем у людей с нормально сформированными навыками чтения [7].

**Процедура исследования.** Продолжительность индивидуальной работы с каждым испытуемым составила в среднем 20–25 минут для учащихся без нарушений навыка чтения и 40–45 минут для учащихся с нарушением. Она включала в себя: стандартизированную инструкцию, чтение вслух текстов, предъявляемых на экране, дальнейшую оценку понимания прочитанного. Данная методика предполагает следующие задания: озаглавить текст, пересказать его, выделить ключевые (главные, важные) слова. Ребенку предоставляется возможность самому оценить (от 1 до 5), насколько хорошо он понял текст. Оценка понимания происходит сразу после каждого прочтения. Для минимизации «эффекта остатка» использовано рандомизированное предъявление стимульных текстов.

В качестве испытуемых в исследовании участвовали две группы учащихся вторых классов общеобразовательных школ Санкт-Петербурга: с дислексией (22 учащихся, средний возраст 8,6) и без нарушений навыка чтения (55 учащихся, средний возраст 8,4). На этой ступени обучения происходит становление синтетических приемов чтения (по Т.Г. Егорову), характеризующееся целостным и уверенным чтением простых, коротких и высокочастотных слов, малознакомые и сложные для ребенка слова по-прежнему читаются по слогам. Для данного этапа также характерно значительное количество ошибок вследствие смысловой догадки отдельных слов или их окончаний. Чтобы избежать ошибки, а также чтобы лучше понять текст, ребенок совершает частые регрессии, возвращаясь к ранее прочитанному [1].

**Методика оценки.** Помимо экспертной оценки и самооценки понимания прочитанных текстов исследовались глазодвигательные реакции. Регистрация движений глаз выполнялась на айтрекере *VT3 mini* с частотой дискретизации 60 Гц с программным обеспечением *MangoldVision*. Для каждого испытуемого были рассчитаны следующие параметры глазодвигательной активности: количество фиксаций, амплитуда саккад и количество регрессионных саккад.

Процесс чтения представляет собой непрерывную последовательность быстрых движений глаз слева направо по тексту, именуемых саккадами, с промежуточными точками остановки — фиксациями. Иногда саккады могут совершаться также и в противоположном направлении (обратные саккады получили название регрессивных саккад, или регрессий). В пределах одного слова может произойти множество фиксаций с последующими за ними саккадами (в длинных словах) и регрессиями (когда требуется возврат к предыдущей букве

или слогу), что наиболее характерно для младших школьников, чьи навыки чтения еще только формируются, а также в случае нарушений, например при дислексии. Продолжительность фиксации отражает затраты на обработку информации при чтении: малознакомые, низкочастотные слова требуют более длительных фиксаций [9]. Количество движений глаз (саккад и регрессий) может указывать на различные стратегии чтения [5].

Таким образом, по мере того как ребенок достигает соответствующих успехов в чтении, длительность фиксаций и количество регрессий уменьшаются, а амплитуды саккад увеличиваются. Для детей с дислексией типичны большее количество саккад и более длинные фиксации, более короткие амплитуды саккад и более высокий процент регрессий, по сравнению с обычными детьми.

Тем не менее остаются разногласия относительно того, являются отклоняющиеся от нормы показатели глазодвигательной активности причиной или следствием расстройства чтения.

Табл. 1

Пространственно-временные характеристики глазодвигательной активности при чтении текстов различного визуального формата (сравнение учащихся с дислексией и без дислексии)

Текст	Дети с дислексией		Контрольная группа		Значимость различий	
	ср.	ст. откл.	ср.	ст. откл.	t	P
Длительность чтения						
A	126,77	58,09	46,08	14,84	-9,629	0,000
B	160,51	78,57	60,69	14,57	-9,122	0,000
C	116,18	56,44	42,10	12,13	-9,296	0,000
D	114,83	53,85	40,81	12,01	-9,696	0,000
E	122,97	63,26	46,80	13,64	-8,525	0,000
Количество фиксаций						
A	219,45	88,88	102,25	29,85	-8,697	0,000
B	324,23	114,56	150,49	39,51	-9,946	0,000
C	201,05	73,70	86,80	22,34	-10,442	0,000
D	198,45	80,13	86,53	22,36	-9,558	0,000
E	224,45	86,39	98,16	23,37	-10,042	0,000
Амплитуда саккад						
A	68,90	17,97	118,35	34,24	6,414	0,000
B	83,41	23,00	132,77	28,51	7,929	0,000
C	75,75	30,29	123,14	36,71	5,822	0,000
D	73,84	20,62	117,28	26,36	7,687	0,000
E	71,83	20,25	116,58	20,18	8,767	0,000
Количество регрессов						
A	72,82	25,73	20,80	7,15	-13,834	0,000
B	113,77	36,51	36,75	11,51	-14,107	0,000
C	57,32	20,97	13,20	5,02	-14,710	0,000
D	42,73	19,45	10,15	3,79	-11,976	0,000
E	54,45	20,38	14,56	4,79	-13,723	0,000
Процент регрессов						
A	33,64	3,09	20,54	5,20	-13,617	0,000
B	35,41	2,66	24,40	3,56	-14,814	0,000
C	28,70	3,04	15,60	5,19	-11,071	0,000
D	21,19	2,30	11,91	3,75	-13,151	0,000
E	24,34	2,22	14,81	3,21	-14,863	0,000

Основные зрительные и окулomotorные дефициты, такие как проблемы с контролем за движением глаз или невозможность подавлять экспресс-саккады [2], могут вызвать трудности с чтением в подгруппах детей с дислексией. Так и наоборот, отклоняющиеся от нормы показатели глазодвигательной активности могут сами возникнуть из-за дисфункции более высокого порядка, лежащей в основе расстройства чтения. Некоторые исследования были направлены на проверку данной гипотезы [8; 15]. В результате появился убедительный аргумент против предположения об окулomotorных проблемах как одной из ведущих причин дислексии: дело в том, что дети с дислексией и контрольная группа продемонстрировали лишь незначительные различия или вовсе их отсутствие, например, в задачах визуального поиска. Это позволяет нам говорить о том, что трудности в расшифровке слов начинаются на более высоком, прежде всего фонологическом уровне обработки, возможно, именно они приводят к иным паттернам глазодвигательной активности при чтении.

**Результаты исследования.** С помощью критерия Т Стьюдента для независимых выборок были обнаружены следующие статистически значимые различия пространственно-временных параметров глазодвигательной активности: для учащихся с дислексией, по сравнению с учащимися без нарушения навыка чтения, характерны большая длительность чтения, большее количество фиксаций, меньшая амплитуда саккад, большее количество регрессивных саккад и больший процент от общего количества саккад. Описательные статистики (средние значения и значения стандартных отклонений) и значения статистического критерия представлены в таблице 1.

Экспертная оценка понимания прочитанных текстов осуществлялась с помощью алгоритма шинглов — алгоритма поиска нечетких дубликатов. В данном исследовании мы использовали авторскую модификацию с учетом словаря синонимов русского языка, которая позволяет объективно оценить соответствие пересказа содержанию

оригинала. Также внимание было сосредоточено на количестве выделенных ключевых слов и способности учащегося озаглавить текст. С помощью критерия Т Стьюдента для независимых выборок были обнаружены следующие статистически значимые различия в понимании прочитанных текстов: учащиеся с дислексией, по сравнению с учащимися без нарушения навыка чтения, испытывают в этом определенные трудности, они менее точно пересказывают текст, выделяют меньшее количество ключевых слов, им сложно придумать заглавие. Статистически значимых различий в самостоятельной оценке учащимися понимания прочитанных текстов не обнаружено. Результаты представлены в таблице 2.

Для анализа влияния визуального формата отображения текста на пространственно-временные параметры глазодвигательной активности и понимание прочитанных текстов использовался критерий Т Стьюдента для парных выборок. В таблицах 3–4 приведены результаты статистического анализа для учащихся с дислексией и детей без нарушений навыка чтения (контрольная группа). Для каждой группы испытуемых проводилось сравнение данных, полученных при чтении стимульных текстов измененного визуального формата (тексты В-Е), с показателями чтения стандартного текста (текст А).

Рассмотрим влияние наличия иллюстраций на паттерны глазодвигательной активности. Для детей с дислексией и без нее характерна большая длительность чтения иллюстрированного текста ( $p < 0,001$ ), большее количество фиксаций ( $p < 0,001$ ), более длинные саккады ( $p < 0,001$ ), большее количество регрессивных саккад ( $p < 0,001$ ) и больший их процент от общего количества ( $p < 0,001$ ).

Инвертирование цветового сочетания текст/фон и снижение контрастности оказывают положительное влияние на процесс чтения как детьми с дислексией, так и детьми без нарушения навыка чтения. Обеим группам испытуемых требуется меньше времени на прочтение ( $p < 0,001$ ), они совершают меньшее число фиксаций

Табл. 2

Понимание текстов различного визуального формата (сравнение учащихся с дислексией и без дислексии)

Текст	Дети с дислексией		Контрольная группа		Значимость различий	
	ср.	ст. откл.	ср.	ст. откл.	T	P
Понимание текста (экспертная оценка)						
A	0,94	0,48	2,23	1,27	4,633	0,001
B	0,85	0,72	2,62	1,21	6,414	0,006
C	1,75	0,89	3,50	0,91	7,638	0,047
D	1,88	0,77	3,24	0,80	6,779	0,030
E	1,48	0,77	3,10	0,99	6,887	0,023
Понимание текста (самостоятельная оценка учащимся)						
A	4,32	0,57	4,27	0,62	-0,297	0,667
B	4,36	0,58	4,36	0,62	0,000	0,592
C	4,68	0,48	4,85	0,36	1,740	0,072
D	4,73	0,46	4,72	0,45	0,000	0,997
E	4,59	0,50	4,42	0,63	-1,148	0,117

( $p < 0,05$  и  $p < 0,001$  соответственно) и более длинные саккады ( $p < 0,05$ ). Также учащиеся реже возвращаются к уже прочитанному ( $p < 0,001$ ).

Использование цветового выделения отдельных слогов также положительно влияет на окулomotorную стратегию учащихся как с дислексией, так и без нее. Длительность чтения текста подобного визуального формата оказывается ниже ( $p < 0,001$ ), также совершается меньше фиксаций ( $p < 0,001$ ). Кроме того, детям реже приходится возвращаться к уже прочитанному ( $p < 0,001$ ). Важно отметить, что при чтении текста с выделенными

слогами учащиеся без нарушения совершают саккады большей амплитуды ( $p < 0,05$ ), но саккады учащихся с дислексией оказываются более короткими ( $p < 0,05$ ). Полученные результаты могут быть связаны с тем, что второклассники с дислексией читают по слогам, тогда как дети без нарушения уже используют синтетические приемы чтения, характеризующиеся целостным восприятием слов.

При анализе паттернов глазодвигательной активности при чтении текста с укороченной длиной строки получены статистически значимые различия лишь в количестве регрессивных саккад

Табл. 3

Влияние визуального формата отображения текста на пространственно-временные характеристики глазодвигательной активности

		Текст А/ текст В	Текст А/ текст С	Текст А/ текст D	Текст А/ текст E
Длительность чтения					
Учащиеся с дислексией	т	-6,723	6,412	6,808	0,892
	р	0,000	0,000	0,000	0,382
Контрольная группа	т	-12,248	6,489	6,185	-0,767
	р	0,000	0,000	0,000	0,446
Количество фиксаций					
Учащиеся с дислексией	т	-8,521	2,410	2,956	-0,670
	р	0,000	0,046	0,031	0,510
Контрольная группа	т	-11,489	8,108	9,280	1,518
	р	0,000	0,000	0,000	0,135
Амплитуда саккад					
Учащиеся с дислексией	т	-4,509	-3,255	-2,860	-0,341
	р	0,000	0,023	0,037	0,094
Контрольная группа	т	-3,806	-2,935	2,328	0,410
	р	0,000	0,044	0,048	0,083
Количество регрессов					
Учащиеся с дислексией	т	-8,212	3,646	9,191	7,902
	р	0,000	0,001	0,000	0,000
Контрольная группа	т	-13,156	8,660	14,990	9,828
	р	0,000	0,000	0,000	0,000
Процент регрессов					
Учащиеся с дислексией	т	-2,860	6,811	13,737	15,546
	р	0,000	0,000	0,000	0,000
Контрольная группа	т	-6,137	6,284	14,746	10,095
	р	0,000	0,000	0,000	0,000

Табл. 4

Влияние визуального формата отображения текста на его понимание

		Текст А/ текст В	Текст А/ текст С	Текст А/ текст D	Текст А/ текст E
Понимание текста (экспертная оценка)					
Учащиеся с дислексией	т	0,610	-5,228	-7,229	-3,432
	р	0,548	0,001	0,001	0,004
Контрольная группа	т	-2,328	-7,336	-6,529	-4,796
	р	0,024	0,000	0,000	0,000
Понимание текста (самостоятельная оценка учащимся)					
Учащиеся с дислексией	т	-0,370	-3,464	-3,813	-2,027
	р	0,715	0,002	0,001	0,056
Контрольная группа	т	-0,896	-3,850	-4,712	-1,591
	р	0,374	0,002	0,000	0,118

( $p < 0,001$ ) и их проценте от общего числа саккад ( $p < 0,001$ ): учащиеся обеих групп реже возвращаются к уже прочитанному.

Наличие иллюстративного материала не влияет на понимание текста учащимися с дислексией, при этом положительный эффект отмечается в группе детей без нарушения навыка чтения ( $p < 0,05$ ), которым иллюстрации помогают выделить большее количество ключевых слов. По мнению самих учащихся, иллюстрации не оказывают никакого влияния на понимание текста. Таким образом, учитывая особенности глазодвигательной активности при чтении иллюстрированного текста, этот визуальный формат нельзя назвать предпочтительным для учебной деятельности учащихся с дислексией, так как он требует от ребенка больших ресурсов, однако не обеспечивает лучшего усвоения прочитанного.

Изменения цветового сочетания текст/фон на противоположное не только помогает учащимся использовать более рациональную окулomotorную стратегию, но и оказывает положительное влияние на понимание прочитанного, причем как на объективную оценку ( $p < 0,001$ ), так и на субъективную ( $p < 0,005$ ).

Выделение слогов также способствует снижению затрат на чтение при значительном повышении его эффективности: учащиеся обеих групп получают более высокую экспертную оценку понимания прочитанного ( $p < 0,001$ ), а также сами выше оценивают его ( $p < 0,001$ ).

Таким образом, текст на черном фоне и текст с выделенными слогами являются предпочтительными для использования в процессе обучения детей с дислексией и без нарушения.

Полученные результаты позволяют оценить понимание прочитанного текста с укороченной длиной строки выше, чем стандартного текста ( $p < 0,005$  для детей с дислексией и  $p < 0,001$  для детей без нарушения навыка чтения). Учитывая паттерны глазодвигательной активности, подобный визуальный формат отображения текста также может использоваться для более успешного усвоения учебного материала.

**Выводы.** Анализ пространственно-временных параметров глазодвигательной активности, а также оценка понимания прочитанных текстов позволили выявить следующие особенности чтения детей с дислексией по сравнению с их ровесниками без этого нарушения: большая длительность чтения, большее количество фиксаций, меньшая амплитуда саккад, большее количество регрессивных саккад и больший их процент от общего числа саккад, трудности с пониманием прочитанного. Также было обнаружено, что наиболее подходящими визуальными форматами отображения являются текст с выделенными слогами и текст на черном фоне. Для чтения иллюстрированного текста, напротив, требуется больше времени и ресурсов, однако иллюстрации не способствуют его лучшему усвоению детьми с дислексией.

1. Егоров Т. Г. Психология овладения навыком чтения. М.: Изд-во Акад. пед. наук РСФСР, 1953. 263 с.
2. Biscaldi M., Fischer B., Aiple F. Saccadic eye movements of dyslexic and normal reading children. *Perception*, 1994, 23 (1), pp. 45–64. doi: 10.1068/p230045.
3. Bradford J. Designing web pages for dyslexic readers. Available at: <http://www.dyslexia-parent.com/mag35.html> (accessed 20.10.2018).
4. Chapman C. The most popular fonts used by designers. Available at: <https://www.webdesignerdepot.com/2011/08/the-most-popular-fonts-used-by-designers> (accessed 20.10.2018).
5. Coltheart M., Rastle K., Perry C., et al. DRC: A dual route cascaded model of visual word recognition and reading aloud. *Psychological Review*, 2001, 108 (1), pp. 204–256. doi: 10.1037/0033-295X.108.1.204.
6. Haslum M. N., Miles T. R. Motor performance and dyslexia in a national cohort of 10 year old children. *Dyslexia*, 2007, 13 (4), pp. 257–275. doi: 10.1002/dys.350.
7. Holmqvist Olander M., Wennås Brante E., Nyström M. The effect of illustration on improving text comprehension in dyslexic adults. *Dyslexia*, 2017, 23 (1), pp. 42–65. doi: 10.1002/dys.1545.
8. Hutzler F., Kronbichler M., Jacobs A. M., et al. Perhaps correlational but not causal: No effect of dyslexic readers' magnocellular system on their eye movements during reading. *Neuropsychologia*, 2006, 44 (4), pp. 637–648. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2005.06.006.
9. Hyönä J., Olson R. K. Eye fixation patterns among dyslexic and normal readers: Effects of word length and word frequency. *Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory, and Cognition*, 1995, 21 (6), pp. 1430–1440. doi: 10.1037/0278-7393.21.6.1430.
10. Kriss I., Evans B. J. W. The relationship between dyslexia and Meares–Irlen Syndrome. *Journal of Research in Reading*, 2005, 28 (3), pp. 350–364. doi: 10.1111/j.1467-9817.2005.00274.x.
11. Levie W. H., Lentz R. Effects of text illustrations: A review of research. *Educational Communication and Technology*, 1982, 30 (4), pp. 195–232. doi: 10.1007/BF02765184.
12. Liberman A. M., Mattingly I. G. A specialization for speech perception. *Science*, 1989, 243 (4890), pp. 489–494. doi: 10.1126/science.2643163.
13. Paulesu, E., Démonet, J. F., Fazio, F., et al. Dyslexia: Cultural diversity and biological unity. *Science*, 2001, 291 (5511), pp. 2165–2167. doi: 10.1126/science.1057179.
14. Pennington B. F. *Diagnosing learning disorders: A neuropsychological framework*. New York: Guilford Publications Inc., 2009. 355 p.
15. Prado C., Dubois M., Valodois S. The eye movements of dyslexic children during reading and visual search: Impact of the visual attention span. *Vision Research*, 2007, (47), pp. 2521–2530.

16. Rainger P. A dyslexic perspective on e-Content accessibility. Available at: <http://www.techdis.ac.uk/seven/papers/dyslexia.html> (accessed 20.10.2018).
17. Rello L., Baeza-Yates R. Good fonts for dyslexia. Proc. of the 15th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility. New York: ACM, 2013 (ASSETS '13), p. 14. doi: 10.1145/2513383.2513447.
18. Rello L., Kanvinde G., Baeza-Yates R. Layout guidelines for web text and a web service to improve accessibility for dyslexics. Proc. of the International Cross-Disciplinary Conference on Web Accessibility. New York: ACM, 2012 (W4A '12), pp. 36:1–36:9. doi: 10.1145/2207016.2207048.
19. Stein J., Walsh V. To see but not to read: The magnocellular theory of dyslexia. *Trends in Neuroscience*, 1997, 20 (4), pp. 147–152. doi: 10.1016/S0166–2236 (96)01005–3.
20. Tallal P. Auditory temporal perception, phonics, and reading disabilities in children. *Brain and Language*, 1980, 9 (2), pp. 182–198. doi: 10.1016/0093–934X (80)90139–X.
21. Wolf M., Bowers P.G. The double-deficit hypothesis for the developmental dyslexia. *Journal of Educational Psychology*, 1999, 91 (3), pp. 415–438. doi: 10.1037/0022–0663.91.3.415.

### References

1. Yegorov T.G. *Psikhologiya ovladeniya navykom chteniya* [Psychology of reading skills mastery]. Moscow: Academy of Pedagogical Sciences Publ., 1953. 263 p. (In Russian).
2. Biscaldi M., Fischer B., Aiple F. Saccadic eye movements of dyslexic and normal reading children. *Perception*, 1994, 23 (1), pp. 45–64. doi: 10.1068/p230045.
3. Bradford J. *Designing web pages for dyslexic readers*. Available at: <http://www.dyslexia-parent.com/mag35.html> (accessed 20.10.2018).
4. Chapman C. *The most popular fonts used by designers*. Available at: <https://www.webdesignerdepot.com/2011/08/the-most-popular-fonts-used-by-designers> (accessed 20.10.2018).
5. Coltheart M., Rastle K., Perry C., et al. DRC: A dual route cascaded model of visual word recognition and reading aloud. *Psychological Review*, 2001, 108 (1), pp. 204–256. doi: 10.1037/0033–295X.108.1.204.
6. Haslum M.N., Miles T.R. Motor performance and dyslexia in a national cohort of 10 year old children. *Dyslexia*, 2007, 13 (4), pp. 257–275. doi: 10.1002/dys.350.
7. Holmqvist Olander M., Wennäs Brante E., Nyström M. The effect of illustration on improving text comprehension in dyslexic adults. *Dyslexia*, 2017, 23 (1), pp. 42–65. doi: 10.1002/dys.1545.
8. Hutzler F., Kronbichler M., Jacobs A.M., et al. Perhaps correlational but not causal: No effect of dyslexic readers' magnocellular system on their eye movements during reading. *Neuropsychologia*, 2006, 44 (4), pp. 637–648. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2005.06.006.
9. Hyönä J., Olson R.K. Eye fixation patterns among dyslexic and normal readers: Effects of word length and word frequency. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 1995, 21 (6), pp. 1430–1440. doi: 10.1037/0278–7393.21.6.1430.
10. Kriss I., Evans B. J.W. The relationship between dyslexia and Meares–Irlen Syndrome. *Journal of Research in Reading*, 2005, 28 (3), pp. 350–364. doi: 10.1111/j.1467–9817.2005.00274.x.
11. Levie W.H., Lentz R. Effects of text illustrations: A review of research. *Educational Communication and Technology*, 1982, 30 (4), pp. 195–232. doi: 10.1007/BF02765184.
12. Liberman A.M., Mattingly I.G. A specialization for speech perception. *Science*, 1989, 243 (4890), pp. 489–494. doi: 10.1126/science.2643163.
13. Paulesu, E., Démonet, J.F., Fazio, F., et al. Dyslexia: Cultural diversity and biological unity. *Science*, 2001, 291 (5511), pp. 2165–2167. doi: 10.1126/science.1057179.
14. Pennington B.F. *Diagnosing learning disorders: A neuropsychological framework*. New York: Guilford Publications Inc., 2009. 355 p
15. Prado C., Dubois M., Valodois S. The eye movements of dyslexic children during reading and visual search: Impact of the visual attention span. *Vision Research*, 2007, (47), pp. 2521–2530.
16. Rainger P. *A dyslexic perspective on e-Content accessibility*. Available at: <http://www.techdis.ac.uk/seven/papers/dyslexia.html> (accessed 20.10.2018).
17. Rello L., Baeza-Yates R. Good fonts for dyslexia. Proc. of the 15th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility. New York: ACM, 2013 (ASSETS '13), p. 14. doi: 10.1145/2513383.2513447.
18. Rello L., Kanvinde G., Baeza-Yates R. Layout guidelines for web text and a web service to improve accessibility for dyslexics. Proc. of the International Cross-Disciplinary Conference on Web Accessibility. New York: ACM, 2012 (W4A '12), pp. 36:1–36:9. doi: 10.1145/2207016.2207048.
19. Stein J., Walsh V. To see but not to read: The magnocellular theory of dyslexia. *Trends in Neuroscience*, 1997, 20 (4), pp. 147–152. doi: 10.1016/S0166–2236 (96)01005–3.
20. Tallal P. Auditory temporal perception, phonics, and reading disabilities in children. *Brain and Language*, 1980, 9 (2), pp. 182–198. doi: 10.1016/0093–934X (80)90139–X.
21. Wolf M., Bowers P.G. The double-deficit hypothesis for the developmental dyslexia. *Journal of Educational Psychology*, 1999, 91 (3), pp. 415–438. doi: 10.1037/0022–0663.91.3.415.