



ВЛИЯНИЕ ЧАСТЕРЕЧНОГО СОСТАВА ТЕКСТА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИЖЕНИЙ ГЛАЗ ПРИ ЕСТЕСТВЕННОМ ЧТЕНИИ

МАЛАХОВА Е. Ю.*, *Институт физиологии имени И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия,*
e-mail: katerina.malahova@gmail.com

ЛАММИНЦИЯ А. М.**, *Институт физиологии имени И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия,*
e-mail: aino6886@mail.ru

ШЕЛЕПИН Ю. Е.***, *Институт физиологии имени И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия,*
e-mail: yshelepin@yandex.ru

В данной работе исследуется влияние синтаксического содержания текста на параметры окулomotorной активности. Участникам эксперимента предъявлялись текстовые фрагменты классической литературы, содержащие избыточное количество одной из частей речи: глаголов, существительных либо прилагательных. Полученные посредством мониторинга движений глаз данные обрабатывались с учетом индивидуальных для испытуемого характеристик чтения. В результате анализа были выявлены существенные различия в таких характеристиках окулomotorной активности, как количество символов, захватываемых за одну саккаду, длительность саккады, ее средняя скорость и восходящий наклон профиля саккады.

Ключевые слова: саккада, части речи, чтение, движения глаз, айтрекинг.

Регистрация движения глаз является эффективным инструментом для изучения перцептивных и когнитивных функций человека. В первых работах, регистрирующих движения глаз во время чтения, было показано, что перемещение глаз не является монотонным, а состоит из быстрых движений – саккад и остановок между ними – фиксаций (Javal, 1878). Средняя длительность фиксации во время чтения составляет 200–300 мс, саккады – 30–50 мс (Rayner, 1998). Саккады перемещают центральную область сетчатки, обладающую наивысшей остротой зрения, к интересующему объекту. Во время выполнения саккады зрительная информация не воспринимается (эффект саккадического подавления) (Erdmann, Dodge, 1920), некоторые когнитивные функции также подавляются (Irwin, Carlson-Radvansky, 1996). Однако в ряде работ (Irwin, 1998) указывается на осуществление лексической обработки в процессе совершения саккады, что подтверждает необходимость изучения характеристик саккад при исследовании восприятия текстовой информации. Большинство работ, посвященных чтению, фокусируются на исследовании частоты и продолжительности фиксаций как непосредственно отражающих процесс осмысления текста (Rayner, 1998). В данном исследовании мы уделяем основное внимание взаимосвязи

Для цитаты:

Малахова Е.Ю., Ламминция А.М., Шелепин Ю.Е. Влияние частеречного состава текста на характеристики движений глаз при естественном чтении // Экспериментальная психология. 2016. Т. 9. № 4. С. 18–32. doi:10.17759/exppsy.2016090402

* *Малахова Е.Ю.* Младший научный сотрудник, лаборатория физиологии зрения, Институт физиологии имени И.П. Павлова РАН. E-mail: katerina.malahova@gmail.com

** *Ламминция А.М.* Младший научный сотрудник, лаборатория физиологии зрения, Институт физиологии имени И.П. Павлова РАН. E-mail: aino6886@mail.ru

*** *Шелепин Ю.Е.* Доктор медицинских наук, профессор, заведующий лабораторией физиологии зрения, Институт физиологии имени И.П. Павлова РАН. E-mail: yshelepin@yandex.ru



синтаксического состава текста и параметрам саккад, осуществляемым во время естественного чтения, таким как амплитуда, скорость, наклон кривой и т. д.

Дискуссия о роли глаголов и существительных в языке активно продолжается на протяжении последних десятилетий. Вопросом обсуждения является как наличие разницы в усвоении различных частей речи детьми (Bornstein, 2004), так и природа этих различий – вызван ли данный феномен особенностями конкретного языка либо является универсальным для человеческого языка в целом.

Изучение роли частей речи в языке также затрагивает оценку их важности для передачи информации. При помощи эксперимента с перестановкой букв внутри слова (Furtner, Rauthmann, Sachse, 2009) было показано, что существительные содержат больше информации и поэтому могут быть рассмотрены как наиболее значимые для понимания и являющиеся основной семантической составляющей текста. Исследователями была высказана гипотеза о том, что слова, на которые приходится большее количество фиксаций, играют более важную роль для понимания. По результатам эксперимента, в 49% всех случаев повторных фиксаций для повышения понимания сложных транспонированных слов читатели обращались к существительным. При этом в тексте содержалось около 26% существительных. Прирост в количестве повторных фиксаций, приходящихся на прилагательные, составил порядка 8%, в глаголах значимой разницы обнаружено не было. Слова из закрытых классов (местоимения, предлоги, артикли, союзы, междометия) использовались испытуемыми для повышения понимания текста в 16% всех случаев, при этом их относительная частота в тексте составляла 42%.

Вышеприведенные исследования показывают, что на параметры чтения оказывают влияние синтаксические категории, такие как часть речи и принадлежность к закрытой либо открытой синтаксической группе. В начале 80-х годов Карпентер и Джаст показали, что в процессе чтения фиксация осуществляется не на каждом слове, кроме того, синтаксические и семантические характеристики отдельного слова оказывают влияние на то, происходит фиксация или не происходит: читатели в ходе исследования в среднем фиксировали 67,8% слов читаемого текста, причем на фиксацию значимых частей речи приходилось 83% отведенного времени, а на фиксацию служебных частей речи – только 38% времени (Just, Carpenter, 1980).

Известно также, что количество и длительность фиксаций коррелируют с длиной слова и его частотой в языке (Rayner, 1998). Так, фиксации на синтаксических категориях, относящихся к открытому классу (существительные, глаголы, прилагательные, наречия), являются более продолжительными по сравнению с фиксациями на синтаксических категориях, относящихся к закрытому классу, например, на предлогах и союзах (Trauzettel-Klosinski, Dietz, 2012).

Результаты последних исследований показывают, что параметры фиксации взгляда позволяют различать большинство синтаксических категорий в английском языке и аннотировать корпус в случае заранее заданного словаря тегов для разметки потенциальных категорий (Barrett, Sogaard, 2015). В качестве тегов для разметки применялся набор из двенадцати универсальных категорий частей речи (Petrov, Das, McDonald, 2011).

В данной работе мы исследуем влияние синтаксического состава текста на характеристики окулomotorной активности. В качестве стимульного материала участникам эксперимента предъявлялись фрагменты текстов. Так как в естественных текстах невозможно полностью исключить основные части речи, сохранив при этом целостность повествования, то для уменьшения влияния нецелевых частей речи на отдельную саккаду характеристики осуществления саккады усреднялись в целом по тексту. Усредненные показатели сравнивались между текстами различных групп. Таким образом, мы предполагаем избежать



влияния на отдельную саккаду параллельной обработки ранее прочитанной информации (Kliegl, Nuthmann, Engbert, 2006) и парафовеальной обработки последующего текста. В качестве целей исследования мы рассматриваем: 1 – изучение наличия различий в характеристиках прочтения текстовых фрагментов в зависимости от превалирующей части речи и в случае их присутствия; 2 – выделение признаков, необходимых для предсказания типа текстового фрагмента, читаемого испытуемым, по параметрам его окуломоторной активности.

Методика и процедура эксперимента

Данная работа является частью исследования влияния различных характеристик текста на окуломоторную активность. Цель исследования заключается в изучении механизмов влияния высокоуровневых нейрофизиологических (когнитивных) процессов на низкоуровневые (окуломоторные), обеспечивающие восприятие текстовой информации. В данном случае мы рассматриваем влияние синтаксической информации на параметры движений глаз в процессе чтения русскоязычных текстов носителями языка. В качестве стимулов были использованы текстовые фрагменты классической литературы, в которых содержание одной из частей речи (глаголы, существительные, прилагательные) превышает среднее по тексту значение более чем на три среднеквадратичных отклонения. Регистрация окуломоторной активности проводилась методом регистрации движений глаз с помощью системы Jazz Novo Standard (Ober Consulting), с частотой дискретизации в 1000 Гц. Тексты предъявлялись при помощи LCD-монитора с разрешением экрана 1920–1080. Расстояние от глаз испытуемого до монитора, на котором предъявлялись тестовые изображения с текстами, составляло 60 см.

В эксперименте участвовали 13 испытуемых (11 женщин, 2 мужчин) с нормальной остротой зрения. Средний возраст участников составил 30,2 года (от 21 до 35 лет). Участие в эксперименте происходило на добровольной основе. Задачей каждого испытуемого было прочесть 15 текстовых фрагментов, представляющих три группы в зависимости от частеречного состава. Каждая группа включала в себя 5 фрагментов с содержанием определенной части речи, превышающим среднее значение более чем на 3 среднеквадратичных отклонения. В качестве стимулов использовались фрагменты из произведений классической литературы таких авторов как Л.Н. Толстой, М.А. Булгаков, М.А. Шолохов, Ф.М. Достоевский. Для отбора стимульного материала было проанализировано более 800 тысяч фрагментов, содержащих 100 ± 2 слова и состоящих из законченных предложений.

Были и гряды с малиной, крыжовником, смородиной, тоже всё около заборов; грядки с овощами близ самого дома, заведенные, впрочем, недавно. Дмитрий Федорович вел гостя в один самый отдаленный от дома угол сада. Там вдруг, среди густо стоявших лип и старых кустов смородины и бузины, калины и сирени, открылось что-то вроде развалин стариннейшей зеленой беседки, почерневшей и покривившейся, с решетчатыми стенками, но с крытым верхом и в которой еще можно было укрыться от дождя. Беседка строена была бог весть когда, по преданию лет пятьдесят назад, каким-то тогдашним владельцем домика, Александром Карловичем фон Шмидтом, отставным подполковником.

Рис. 1. Пример предъявляемого текстового фрагмента



Количество существительных в указанном фрагменте (рис. 1) значительно превышает среднее значение. В целом по произведению на отрезок длиной 100 слов наблюдалось распределение частей речи, приведенное в табл. 1.

Таблица 1

Количество частей речи в текстовых фрагментах длиной 100 +/- 2 слова в произведении Ф.М. Достоевского «Братья Карамазовы»

	Глаголы	Существительные	Прилагательные
Среднее	13,0	17,8	8,6
Медиана	12,7	17,9	8,4
СКО	4,0	5,8	4,5

Так как для расчета и сопоставления содержания частей речи в текстовых фрагментах учитывалось количество отдельных слов, а не количество символов, длина текстовых фрагментов, выраженная в символах, при этом варьировалась как между отдельно взятыми стимулами, так и в среднем по группам. Средняя длина слов также отличалась: для текстов с прилагательными она составляла 7,0 символов, для текстов с существительными – 6,3, для текстов с глаголами – 5,6. Чтобы избежать влияния длины фрагментов на характеристики прочтения, учитывался относительный состав текста (рис. 2), а переменные, напрямую зависящие от длины текста, были нормализованы.

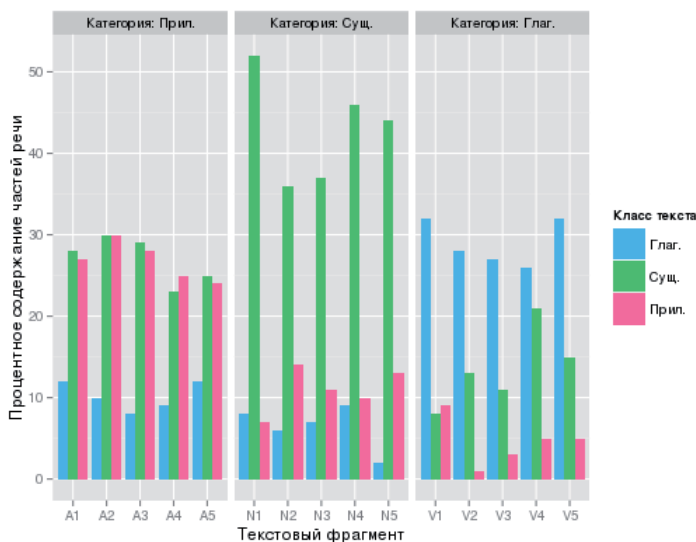


Рис. 2. Распределение частей речи в выбранных текстовых фрагментах

Результаты

Во время эксперимента посредством айтрекера фиксировались время начала и окончания совершения саккады, ее амплитуда в угловых минутах, длительность в мс, средняя и пиковая скорость в угловых минутах в мс, наклон кривой, рассчитываемый как отношение разницы в скоростях к разнице во времени для начальной точки и первого локального максимума, а также длительность следующей за саккадой фиксации в мс.



Данные о прочтении испытуемыми текстовых отрывков обрабатывались в среде для статистического анализа R. В каждом наблюдении (прочтении испытуемым одного текстового фрагмента) были удалены 5 первых и 5 последних саккад, а также произведена кластеризация саккад на возвратные (регрессивные) и межстрочные при помощи метода K-means (Hartigan, Manchek, 1979), после чего межстрочные саккады также были удалены. На основе вышеуказанных признаков были рассчитаны вторичные показатели: количество совершенных для прочтения текста саккад, количество возвратных саккад, отношение количества прямых саккад к возвратным, среднее количество символов, захватываемых за одну прямую саккаду, являющееся более универсальным показателем для измерения длины саккады при чтении текста, чем амплитуда, так как остается неизменным при изменении размера шрифта и расстояния испытуемого от предъявляемого текста (Morrison, Rayner, 1981). Использование характеристики количества захватываемых за одну саккаду символов также позволяет избежать влияния различной длины текстов на последующий анализ. Кроме того, параметры, зависящие от длины текста (общее время прочтения и фиксации, количество прямых и возвратных саккад), были приведены к относительным показателям путем нормирования на количество символов в текстовом фрагменте.

В табл. 2 указаны усредненные характеристики окуломоторной активности при чтении текстовых фрагментов, относящихся к разным категориям.

Перед испытуемыми стояла задача естественного чтения, т. е. оптимального индивидуального способа работы с текстом, что усиливало индивидуальные различия в группе испытуемых и усложняло поиск общих закономерностей процесса чтения. На рис. 3 приведено время, затрачиваемое испытуемыми при прочтении одного текстового фрагмента. Высокая вариативность показателей среди участников согласуется с ранее полученными данными о дисперсии в скорости чтения для носителей русского языка, составляющей 92% между испытуемыми и 8% для одного испытуемого между различными текстами (Trauzettel-Klosinski, Dietz, 2012).

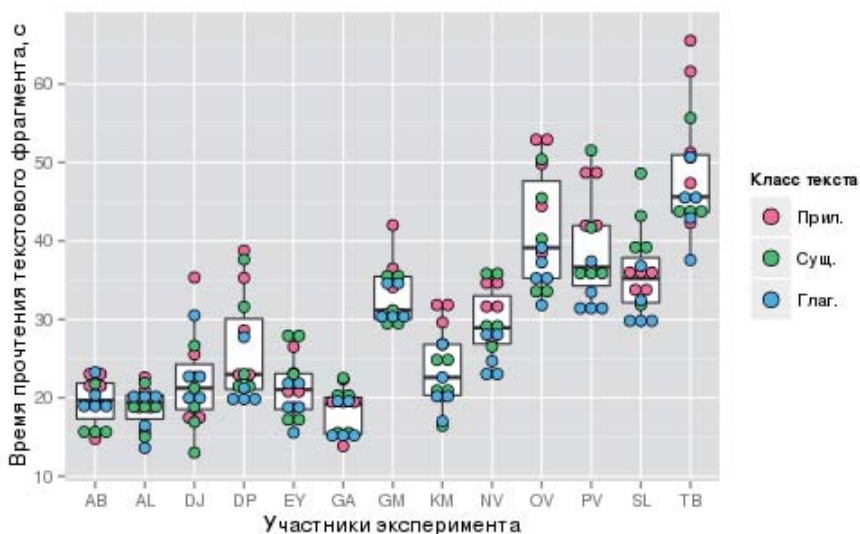


Рис. 3. Время прочтения одного текстового фрагмента у испытуемых.



Таблица 2

Усредненные характеристики окуломоторной активности при чтении текстовых фрагментов, относящихся к разным группам

Статистика по группам текстов							
Время прочтения одного текста, с	Время прочтения одного символа, мс	Общее время фиксации	Время фиксации, приходящееся на один символ	Количество саккад	Количество символов, приходящихся на одну саккаду	Количество возвратных саккад	Отношение прямых саккад к возвратным
Прилагательные							
31,48 ± 11,84	47,2 ± 17,24	26,22 ± 10,24	39,31 ± 14,92	114,92 ± 50,13	6,9 ± 2,81	27,11 ± 17,63	0,22 ± 0,06
Существительные							
29,07 ± 11,01	49,08 ± 20,24	24,31 ± 9,59	41,1 ± 17,7	107,34 ± 46,44	6,94 ± 3,58	24,26 ± 15,74	0,21 ± 0,07
Глаголы							
26,4 ± 8,51	50,47 ± 17,35	22,05 ± 7,45	42,18 ± 15,19	99,02 ± 37,18	6,11 ± 2,3	23,29 ± 14,24	0,22 ± 0,07



Как видно из рис. 3, среднее время прочтения для испытуемых варьируется в диапазоне от 19 до 48 с. Подобный разброс делает нецелесообразным анализ показателей, усредненных по всем участникам, вследствие чего для каждого испытуемого на основе полного объема мониторинговых данных нами были рассчитаны средние для него значения показателей окуломоторной активности. Также были рассчитаны средние значения по отдельно взятому стимулу вне зависимости от читающего. При обработке информации оценивалось отклонение параметра для конкретного стимула от среднего для испытуемого значения. Общее количество наблюдений составило 195 строк. Для каждой категории текстов учитывалось 65 наблюдений: 13 испытуемых, читающих 5 различных текстов, входящих в данную группу.

Применение метода ANOVA для сравнения средних значений групп являлось некорректным, так как результаты теста Левена на гомогенность дисперсий выявили значительные различия ($p < 0,05$) в дисперсии большинства признаков. Для проверки наличия зависимостей между параметрами окуломоторной активности и классом текстового фрагмента был выбран метод, основанный на критерии Краскела–Уоллиса, представляющий собой непараметрическую альтернативу F-критерию в однофакторном дисперсионном анализе. Нулевая гипотеза подразумевает отсутствие различий между параметрами окуломоторной активности в наблюдениях, сгруппированных по частеречному составу текстов, т. е. медианы групп должны быть одинаковы. Альтернативная гипотеза подразумевает, что параметры чтения, по крайней мере в одной из групп, будут отличаться.

Далее характеристики движения глаз, имеющие значимые различия по критерию Краскела–Уоллиса, были подвергнуты попарному сравнению для выделения отличающихся групп. Для этого был применен критерий апостериорного попарного сравнения Немени, являющийся непараметрическим аналогом критерия достоверно значимой разности Тьюки и позволяющий избежать эффекта множественных сравнений.

Результаты применения критерия Краскела–Уоллиса, а также теста Немени, приведены в табл. 3. Критерий Краскела–Уоллиса выделил отклонения, имеющие достоверное различие в медианах групп, в значении следующих параметров окуломоторной активности: количество символов, захватываемых как за прямую, так и за возвратную саккаду, длительность, средняя и пиковая скорости. Дальнейший попарный анализ на основе критерия Немени показал, что количество захватываемых символов существенно различается между группами Глаголы–Прилагательные ($p = 0,0056$) и Глаголы–Существительные ($p = 0,0045$); длительность саккад в классах Существительные–Прилагательные ($p = 0,0002$); средняя скорость саккады между Существительными–Прилагательными ($p < 0,0001$) и Глаголами–Существительными ($p = 0,0031$); наклон скоростного профиля также в группах Существительные–Прилагательные ($p = 0,0006$) и Глаголы–Существительные ($p < 0,0001$). Достоверной значимости для амплитуды саккады, продолжительности фиксации, отношения количества прямых саккад к возвратным выявлено не было. При проведении коррекции Бонферрони на множественное тестирование уровень значимости различий подтверждается, если $p < 0,00625$, рассчитываемому как отношение выбранного уровня значимости 0,05 к количеству тестирований, равному восьми. Таким образом, после введения поправки все указанные признаки также остаются значимыми.



Таблица 3

Результаты проверки наличия зависимости между параметрами окулomotorной активности и классом текстового фрагмента при помощи критерия Краскела–Уоллиса и результаты попарного сравнения групп методом Неменьи

	Параметры окулomotorной активности (отклонения от средних для испытуемого значений)							
	Количество захватываемых символов за прямую саккаду	Отношение возвратных саккад к прямым	Продолжительность фиксации на один символ	Длительность саккады	Длительность фиксации	Средняя скорость саккады	Амплитуда саккады	Наклон скоростного профиля саккады
Р-значение по критерию Краскела–Уоллиса	0,0011	0,2177	0,1236	0,0008	0,9271	0,0001	0,1381	0,0001
Р-значение при попарном сравнении групп по критерию Неменьи								
Существительные–Прилагательные	0,9988	-	-	0,0002	-	0,0001	-	0,0006
Глаголы–Прилагательные	0,0056	-	-	0,0998	-	0,7689	-	0,5935
Глаголы–Существительные	0,9988	-	-	0,0002	-	0,0031	-	0,0001

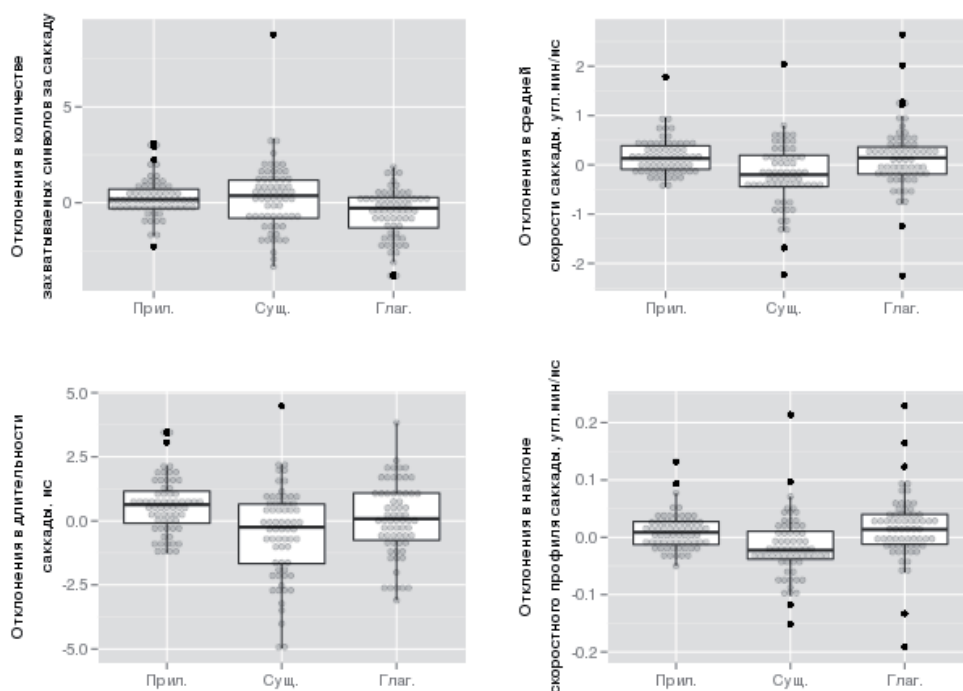


Рис. 4. Точечные диаграммы и диаграммы размаха для характеристик чтения, существенно отличающихся между классами текстов. По оси ординат указаны отклонения данного параметра от среднего для испытуемого значения. По оси абсцисс – группы текстовых фрагментов



На рис. 4 приведены диаграммы размаха, позволяющие оценить характер зависимости между отклонением от среднего параметра окулomotorной активности и группой текста, на которой фиксировались наблюдения. Так, при чтении текстов различных групп существенные изменения в характеристиках чтения испытуемого по сравнению с его средними показателями были выявлены: в количестве захватываемых символов (среднее значение и стандартное отклонение в категории прил. – $0,25 \pm 0,97$, сущ. – $0,29 \pm 1,79$, глаг. – $-0,54 \pm 1,27$ от среднего для испытуемого количества символов); в длительности саккады (прил. – $0,6 \pm 1,08$, сущ. – $-0,5 \pm 1,77$, глаг. – $0,06 \pm 1,42$, мс); в средней скорости (прил. – $0,17 \pm 0,38$, сущ. – $-0,2 \pm 0,65$, глаг. – $0,14 \pm 0,67$, угл. мин/мс) и наклоне скоростного профиля саккады (прил. – $0,01 \pm 0,03$, сущ. – $-0,02 \pm 0,05$, глаг. – $0,02 \pm 0,06$).

Таким образом, процесс чтения текстов с повышенным содержанием существительных характеризуется снижением средней скорости саккады, более пологим наклоном ее кривой, сокращением длительности саккады по сравнению с текстами, содержащими значительное количество прилагательных, а также увеличением длины саккады в сравнении с текстами, содержащими значительное количество глаголов. Тексты, содержащие избыточное количество глаголов, приводят к уменьшению количества захватываемых символов и, в сравнении с существительными, к увеличению средней скорости и повышению крутизны кривой саккады. При чтении текстов, насыщенных прилагательными, фиксируется большая длина саккад, чем при чтении текстов с глаголами, а также более высокая средняя скорость, длительность и крутизна кривой саккады в сравнении с текстами с существительными.

Обсуждение результатов

Исследование движения глаз во время чтения является важным инструментом, позволяющим судить как о процессах зрительного восприятия, так и о языковых процессах.

В данном исследовании нами было показано наличие различий в динамике движений глаз при чтении текстовых фрагментов с избыточным содержанием одной из частей речи, что говорит о влиянии синтаксических признаков на процесс чтения. Полученные результаты согласуются с предыдущими работами (Carpenter, Just, 1983), подтвердившими влияние части речи и принадлежности слов к закрытой либо открытой синтаксической группе на параметры чтения.

Важным направлением исследований языковых процессов является изучение влияния синтаксической неоднозначности текста на скорость чтения, количество регрессионных саккад (Frazier, Rayner, 1982). В этих работах анализируются более сложные синтаксические структуры, такие как несогласованные фразы (Frazier, Rayner, 1982), либо неоднозначные придаточные предложения (Анисимов, Федорова, Латанов, 2014). В нашем случае мы опускаем структурное строение предложений и уделяем основное внимание таким базовым признакам, как части речи.

В вышеприведенных работах, как и во многих других (Barrett, Sogaard, 2015), при оценке изменений глазодвигательной активности учитываются, в основном, статические показатели – общее время прочтения, длительность фиксаций, количество прямых и возвратных саккад. Для достижения более глубокого понимания происходящих процессов зрительной и лингвистической обработки текста на уровне отдельных слов или морфем необходимо, как нам кажется, принимать во внимание и динамические характеристики процесса обработки текста, выражающиеся в длине саккадических движений, их скорости, наклоне и пр.



Анализ полученных данных показал, что при чтении текстов, насыщенных глаголами, уменьшается среднее количество захватываемых за одну саккаду символов. Одной из причин может являться наименьшая среди групп средняя длина слова – 5,6 символа. Так как глаголы в текстовых фрагментах представлены наиболее короткими словами, но при этом не могут быть опущены как второстепенные части речи (Fitzsimmons, Drieghe, 2011), возникает необходимость осуществления большего количества саккад на фиксированное количество символов. Кроме того, окончания глаголов могут нести в себе важную информацию (род, число, время). Было показано, что при наличии существенной информации в окончании слова вероятность совершения второй фиксации на том же слове возрастает (Hyönä, Niemi, 1989).

Процесс чтения текстов с повышенным содержанием существительных характеризуется более низкой средней скоростью саккады и пологим наклоном ее кривой по сравнению с двумя другими группами слов, что, по-нашему мнению, может быть вызвано снижением динамики повествования из-за уменьшения количества глаголов в целом и глаголов действия, в частности. Группа же фрагментов с прилагательными имеет существенные различия только в случае попарного сравнения и не характеризуется общим изменением какого-либо признака.

Стоит отметить, что различия в чтении фрагментов разных групп не обязательно говорят об определяющем влиянии синтаксических признаков на параметры чтения. Указанные отличия также могут быть спровоцированы семантикой текста. Например, результаты некоторых исследований свидетельствуют о влиянии именно семантического содержания, а не лексического сходства, на паттерны активации в коре головного мозга (Moseleya, Pulvermüller, 2014). Мы постарались исключить влияние семантики, подобрав фрагменты случайным образом из большого объема естественных текстов, однако искусственно составленные тексты также могут представлять интерес для дальнейшего исследования. Также, в случае контролируемой генерации текстовых стимулов, будет возможным исключить влияние длины и частотности предъявляемых слов.

Выводы

В данном исследовании была показана нецелесообразность работы с усредненными характеристиками чтения. Из-за высокой вариации в техниках чтения во время анализа следует принимать во внимание относительные изменения в окуломоторной активности, рассчитанные индивидуально для каждого испытуемого

Анализ полученных данных показал существенные различия при чтении текстов с варьирующимся частеречным составом, наблюдающиеся в количестве символов, захватываемых за одну саккаду, ее длительности, средней скорости и наклоне кривой движения.

При повышенном содержании глаголов в тексте уменьшается среднее количество захватываемых за одну саккаду символов. В текстах с существительными снижается средняя скорость саккады, и наклон ее кривой становится более пологим. Чтение фрагментов с высоким содержанием прилагательных существенно отличается только в случае попарного сравнения с указанными выше группами и не характеризуется общим изменением какого-либо признака.

Таким образом, можно сделать вывод о влиянии высокоуровневых процессов, связанных с обработкой семантического и синтаксического содержания текста, не только на фиксации, как было показано ранее, но и на саккадические движения, направляющие взгляд во время чтения.

Финансирование

Исследование выполнено в рамках финансирования научно-исследовательского проекта «Психофизиологические и нейролингвистические аспекты процесса распознавания вербальных и невербальных паттернов», проект Российского научного фонда № 14-18-02135.



Литература

1. 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. № 4. С. 57–68. doi: 10.7868/S0131164614040031
2. Barrett M., Søgaard A. Reading behavior predicts syntactic categories // CoNLL. 2015. P. 345. doi: 10.18653/v1/K15-1038
3. Bornstein M.H. Cross Linguistic Analysis of Vocabulary in Young Children: Spanish, Dutch, French, Hebrew, Italian, Korean, and American English // Child Development. 2004. Vol. 75. № 4. P. 1115–1139. doi: 10.1111/j.1467-8624.2004.00729.x
4. Breiman L. Random forests // Machine learning. 2001. Vol. 45. № 1. P. 5–32. doi: 10.1023/A:1010933404324
5. Carpenter P.A., Just M.A. What your eyes do while your mind is reading // Eye movements in reading: Perceptual and language processes. New York: Academic Press, 1983. P. 275–307.
6. Carreiras M., Clifton C.Jr. Another word on parsing relative clauses: Eyetracking evidence from Spanish and English // Memory & Cognition. 1999. Vol. 27. № 5. P. 826.
7. Clifton C.Jr., Traxler M., Mohamed M.T. The use of thematic role information in parsing: syntactic processing autonomy revisited // Journal of Memory and Language. 2003. Vol. 49. P. 317. doi: 10.1016/S0749-596X(03)00070-6
8. Erdmann B., Dodge R. Psychologische Untersuchungen über das Lesen auf experimenteller Grundlage / Ed. C. R. Griffith. Halle: Nie.Esmeyer, 1920.
9. Fitzsimmons G., Drieghe D. The influence of number of syllables on word skipping during reading // Psychonomic Bulletin & Review. 2011. Vol. 18. № 4. P. 736–741. doi: 10.3758/s13423-011-0105-x.
10. Frazier L., Rayner K. Making and correcting errors during sentence comprehension: Eye movements in the analysis of structurally ambiguous sentences // Cognitive Psychology. 1982. Vol. 14. P. 178.
11. Furtner M.R., Rauthmann J.F., Sachse P. Nomen est omen: Investigating the dominance of nouns in word comprehension with eye movement analyses // Advances in Cognitive Psychology. 2009. Vol. 5. P. 91–104. doi: 10.2478/v10053-008-0069-1
12. Gentner D. Why nouns are learned before verbs: Linguistic relativity versus natural partitioning // Language development. Language, thought, and culture. Vol. 2. / Ed. S.A. Kuczaj. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1982. P. 301–334.
13. Gentner D. Why verbs are hard to learn // Action meets word: How children learn verbs / Eds. K. Hirsh-Pasek, R. Golinkoff. New York: Oxford University Press, 2006. P. 544–564. doi: 10.1093/acprof:oso/9780195170009.001.0001
14. Hartigan J.A., Manchek A.W. Algorithm AS 136: A k-means clustering algorithm // Applied statistics. 1979. P. 100–108.
15. Hyönä J., Niemi P., Underwood G. Reading long words embedded in sentences: Informativeness of word halves affects eye movements // Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance. 1989. Vol. 15. № 1. P. 142.
16. Imai M., Li L., Haryu E., Okada H., Hirsh-Pasek K., Golinkoff R. Novel noun and verb learning in Chinese-, English-, and Japanese-speaking children // Child Development. 2008. Vol. 79. P. 979–1000. doi: 10.1111/j.1467-8624.2008.01171.x
17. Irwin D.E., Carlson-Radvansky L.A. Cognitive suppression during saccadic eye movements // Psychological Science. 1996. P. 83–88. doi: 10.1111/j.1467-9280.1996.tb00334.x
18. Irwin D.E. Lexical processing during saccadic eye movements // Cognitive Psychology. 1998. Vol. 36. № 1. P. 1–27. doi: 10.1006/cogp.1998.0682
19. Irwin D.E., Brockmole J.R. Suppressing where but not what: The effect of saccades on dorsal-and ventral-stream visual processing // Psychological Science. 2004. Vol. 15. № 7. P. 467–473. doi: 10.1111/j.0956-7976.2004.00703.x
20. Javal É. Essai sur la physiologie de la lecture // Annales d'Oculistique 80. 1878. P. 61–73.
21. Just M.A., Carpenter R.A. A theory of reading: From eye fixations to comprehension // Psychological Review. 1980. Vol. 87. P. 329–354.
22. Kliegl R., Nuthmann A., Engbert R. Tracking the mind during reading: the influence of past, present, and future words on fixation durations // Journal of experimental psychology. 2006. Vol. 135. № 1. P. 12–35. doi: 10.1037/0096-3445.135.1.12



23. *Matin E.* Saccadic suppression: a review and an analysis // Psychological bulletin. 1974. Vol. 81. № 12. P. 899.
24. *Morrison R.E., Rayner K.* Saccade size in reading depends upon character spaces and not visual angle // Attention, Perception & Psychophysics. 1981. Vol. 30. № 4. P. 395–396.
25. *Moseley R.L., Pulvermüller F.* Nouns, verbs, objects, actions, and abstractions: Local fMRI activity indexes semantics, not lexical categories // Brain Language. 2014. Vol. 132. № 100. P. 28–42. doi: 10.1016/j.bandl.2014.03.001
26. *Ni W., Crain S., Shankweiler D.* Sidestepping garden paths: assessing the contributions of syntax, semantics, and plausibility in resolving ambiguities // Language and Cognitive Processes. 1996. Vol. 11. P. 283.
27. *Nilsson M., Nivre J.* Learning where to look: Modeling eye movements in reading // CoNLL. 2009. P. 93–101.
28. *Petrov S., Das D., McDonald R.* A universal part-of-speech tagset [Electronic resource]. URL: <https://arxiv.org/pdf/1104.2086.pdf>. 2011
29. *Rayner K.* Eye movements in reading and information processing: 20 years of research // Psychological Bulletin. 1998. Vol. 124. P. 372–422. doi: 10.1037//0033-2909.124.3.372
30. *Rayner K., Duffy S.* On-line comprehension processes and eye movements in reading // Reading research: Advances in theory and practice. New York: Academic Press, 1988. P. 13–66.
31. *Sandhofer C. M., Smith, L. B., Luo, J.* Counting nouns and verbs in the input: Differential frequencies, different kinds of learning? // Journal of Child Language. 2000. Vol. 27. P. 561–585.
32. *Tardif T.* Nouns are not always learned before verbs: Evidence from Mandarin speakers' early vocabularies // Developmental Psychology. 1996. Vol. 32. P. 492–504. doi: 10.1037/0012-1649.32.3.492
33. *Trauzettel-Klosinski S., Dietz K., Group I.R.S.* Standardized assessment of reading performance: the new International Reading Speed Texts IReST // Investigative ophthalmology & visual science. 2012. Vol. 53. № 9. P. 5452–5461. doi: 10.1167/iovs.11-8284
34. *Traxler M.J., Pickering M.J., Clifton C.* Adjunct attachment is not a form of lexical ambiguity resolution // Journal of Memory and Language. 1998. Vol. 39. P. 558.
35. *Yatabe K.* Saccadic Suppression During Reading Activity: Is the Spillover Effect Weaker after a Longer Saccade? M.Sc. Thesis. University of Edinburgh, 2006.
36. *Yatabe K., Pickering M., McDonald S.* Lexical processing during saccades in text comprehension // Psychonomic Bulletin & Review. 2009. Vol. 16. № 1. P. 62–66. doi: 10.3758/PBR.16.1.62



THE INFLUENCE OF PART OF SPEECH TEXT STRUCTURE ON EYE MOVEMENTS DURING NATURAL READING

MALAKHOVA E. YU.*, Pavlov Institute of Physiology RAS, Saint Petersburg, Russia,
e-mail: katerina.malahova@gmail.com

LAMMINPIYA A. M.** , Pavlov Institute of Physiology RAS, Saint Petersburg, Russia,
e-mail: aino6886@mail.ru

SHELEPIN YU. E.***, Pavlov Institute of Physiology RAS, Saint Petersburg, Russia,
e-mail: yshelepin@yandex.ru

The difficulty of lexical processing can explain substantial part of variability in fixation duration during the reading process. Factors like word length, frequency, syntactic and semantic ambiguity impact fixation time. On the other hand, there is not much understanding of how saccades parameters vary depending on the text characteristics. Here we investigate how part-of-speech text structure influences eye-movements during the natural reading process. We presented text excerpts from Russian classic literature containing overabundant quantity of verbs, nouns or adjectives to the participants and record their eye-movements during reading. Eye-tracking data was analyzed with the consideration of the individual differences in the reading behavior. We found that saccade length measured in the number of symbols covered per saccade, its duration, average velocity and curve slope differ significantly for texts with different part-of-speech content. This result can provide an evidence of the influence of higher level cognitive processes not only on fixations but also on saccadic movements.

Keywords: saccade, part-of-speech, reading, eye-tracking, eye movements.

Funding

This work was supported by Russian Science Foundation (project № 14-18-02135 «Psychophysiological and neurolinguistic aspects of the recognition process, verbal and nonverbal patterns»).

References

1. Anisimov V.A., Fedorova O.V., Latanov A.V. Eye movement parameters in reading the sentences with syntactic ambiguity in Russian language. *Fiziologia Cheloveka*, 2014, vol. 40, no. 5, pp. 57–68. doi: 10.7868/S0131164614040031
2. Barrett M., Søgaard A. Reading behavior predicts syntactic categories. *CoNLL*, 2015, p. 345. doi: 10.18653/v1/K15-1038
3. Bornstein M.H. Cross Linguistic Analysis of Vocabulary in Young Children: Spanish, Dutch, French, Hebrew, Italian, Korean, and American English. *Child Development*, 2004, vol. 75, no. 4, pp. 1115–1139. doi: 10.1111/j.1467-8624.2004.00729.x

For citation:

Malakhova E. Yu., Lamminpiya A. M., Shelepin Yu. E. The influence of part of speech text structure on eye movements during natural reading. *Ekspperimental'naya psikhologiya = Experimental psychology (Russia)*, 2016, vol. 9, no. 4, pp. 18–32. doi:10.17759/exppsy.2016090402

* *Malakhova E. Yu.* Junior Researcher, Laboratory of Vision Physiology, Pavlov Institute of Physiology RAS. E-mail: katerina.malahova@gmail.com

** *Lamminpiya A. M.* Junior Researcher, Laboratory of Vision Physiology, Pavlov Institute of Physiology RAS. E-mail: aino6886@mail.ru

*** *Shelepin Yu. E.* Dr. Sci. (Medicine), Professor, Head of the Laboratory of Vision Physiology, Pavlov Institute of Physiology RAS. E-mail: yshelepin@yandex.ru



4. Breiman L. Random forests. *Machine learning*, 2001, vol. 45, no. 1, pp. 5-32. doi: 10.1023/A:1010933404324.
5. Carpenter P.A., Just M.A. What your eyes do while your mind is reading. *Eye movements in reading: Perceptual and language processes*. New York, Academic Press, 1983, p. 275–307.
6. Carreiras M., Clifton C.Jr. Another word on parsing relative clauses: Eyetracking evidence from Spanish and English. *Memory & Cognition*, 1999, vol. 27, no. 5, p. 826.
7. Clifton C.Jr., Traxler M., Mohamed M.T. et al. The use of thematic role information in parsing: syntactic processing autonomy revisited. *Journal of Memory and Language*, 2003, vol. 49, p. 317. doi: 10.1016/S0749-596X(03)00070-6
8. Erdmann B., Dodge R. Psychologische Untersuchungen über das Lesen auf experimenteller Grundlage. In Griffith C. R. (Ed.), Halle: Nie.Esmeyer., 1920.
9. Fitzsimmons G., Drieghe D. The influence of number of syllables on word skipping during reading. *Psychonomic Bulletin & Review*, 2011, vol. 18, no. 4, pp. 736–741. doi: 10.3758/s13423-011-0105-x
10. Frazier L., Rayner K. Making and correcting errors during sentence comprehension: Eye movements in the analysis of structurally ambiguous sentences. *Cognitive Psychology*, 1982, vol. 14, p. 178.
11. Furtner M.R., Rauthmann J.F., Sachse P. Nomen est omen: Investigating the dominance of nouns in word comprehension with eye movement analyses. *Advances in Cognitive Psychology*, 2009, vol. 5, pp. 91–104. doi: 10.2478/v10053-008-0069-1
12. Gentner D. Why nouns are learned before verbs: Linguistic relativity versus natural partitioning. In S. A. Kuczaj (Ed.), *Language development. Language, thought, and culture*, Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1982, vol. 2, pp. 301–334.
13. Gentner D. Why verbs are hard to learn. In K. Hirsh-Pasek, R. Golinkoff (Eds.), *Action meets word: How children learn verbs*, New York, Oxford University Press, 2006, pp. 544–564. doi: 10.1093/acprof:oso/9780195170009.001.0001
14. Hartigan J.A., Manchek A.W. Algorithm AS 136: A k-means clustering algorithm. *Applied statistics*, 1979, pp. 100–108.
15. Hyönä J., Niemi P., Underwood G. Reading long words embedded in sentences: Informativeness of word halves affects eye movements. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 1989, vol. 15, no. 1, p. 142.
16. Imai M., Li L., Haryu E., Okada H., Hirsh-Pasek K., Golinkoff R. Novel noun and verb learning in Chinese-, English-, and Japanese-speaking children. *Child Development*, 2008, vol. 79, pp. 979–1000. doi: 10.1111/j.1467-8624.2008.01171.x
17. Irwin D.E., Carlson-Radvansky L.A. Cognitive suppression during saccadic eye movements. *Psychological Science*, 1996, pp. 83-88. doi: 10.1111/j.1467-9280.1996.tb00334.x.
18. Irwin D.E. Lexical processing during saccadic eye movements. *Cognitive Psychology*, 1998, vol. 36, no. 1, pp. 1–27. doi: 10.1006/cogp.1998.0682
19. Irwin D.E., Brockmole J.R. Suppressing where but not what: The effect of saccades on dorsal-and ventral-stream visual processing. *Psychological Science*, 2004, vol. 15, no. 7, pp. 467–473. doi: 10.1111/j.0956-7976.2004.00703.x
20. Javal É. Essai sur la physiologie de la lecture. *Annales d'Oculistique* 80, 1878, pp. 61–73.
21. Just M.A., Carpenter R.A. A theory of reading: From eye fixations to comprehension. *Psychological Review*, 1980, vol. 87, pp. 329–354.
22. Kliegl R., Nuthmann A., Engbert R. Tracking the mind during reading: the influence of past, present, and future words on fixation durations. *Journal of experimental psychology. General*, 2006, vol. 135, no. 1, pp. 12–35. doi: 10.1037/0096-3445.135.1.12
23. Martin E. Saccadic suppression: a review and an analysis. *Psychological bulletin*, 1974, vol. 81, no. 12, p. 899.
24. Morrison R.E., Rayner K. Saccade size in reading depends upon character spaces and not visual angle. *Attention, Perception & Psychophysics*, 1981, vol. 30, no. 4, pp. 395–396.
25. Moseley R. L., Pulvermüller F. Nouns, verbs, objects, actions, and abstractions: Local fMRI activity indexes semantics, not lexical categories. *Brain Language*, 2014, vol. 132, no. 100, pp. 28–42. doi: 10.1016/j.bandl.2014.03.001.
26. Ni W., Crain S., Shankweiler D. Sidestepping garden paths: assessing the contributions of syntax, semantics, and plausibility in resolving ambiguities. *Language and Cognitive Processes*, 1996, vol. 11, p. 283.



27. Nilsson M., Nivre J. Learning where to look: Modeling eye movements in reading. *CoNLL*, 2009, pp. 93–101.
28. Petrov S., Das D., McDonald R. *A universal part-of-speech tagset* [Electronic resource]. URL: <https://arxiv.org/pdf/1104.2086.pdf>, 2011.
29. Rayner K. Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychological Bulletin*, 1998, vol. 124, pp. 372–422. doi: 10.1037//0033-2909.124.3.372
30. Rayner K., Duffy S. On-line comprehension processes and eye movements in reading. *Reading research: Advances in theory and practice*. New York, Academic Press, 1988, pp. 13–66.
31. Sandhofer C. M., Smith L. B., Luo J. Counting nouns and verbs in the input: Differential frequencies, different kinds of learning? *Journal of Child Language*, 2000, vol. 27, pp. 561–585.
32. Tardif T. Nouns are not always learned before verbs: Evidence from Mandarin speakers' early vocabularies. *Developmental Psychology*, 1996, vol. 32, pp. 492–504. doi: 10.1037/0012-1649.32.3.492
33. Trauzettel-Klosinski S., Dietz K., Group I.R.S. Standardized assessment of reading performance: the new International Reading Speed Texts IReST. *Investigative ophthalmology & visual science*, 2012, vol. 53, no. 9, pp. 5452–5461. doi: 10.1167/iovs.11-8284
34. Traxler M.J., Pickering M.J., Clifton C. Adjunct attachment is not a form of lexical ambiguity resolution. *Journal of Memory and Language*, 1998, vol. 39, p. 558.
35. Yatabe K. *Saccadic Suppression During Reading Activity: Is the Spillover Effect Weaker after a Longer Saccade?* M. Sc. Thesis. University of Edinburgh, 2006.
36. Yatabe K., Pickering M., McDonald S. Lexical processing during saccades in text comprehension. *Psychonomic Bulletin & Review*, 2009, vol. 16, no. 1, pp. 62–66. doi: 10.3758/PBR.16.1.62.