

## ЛИНГВИСТИКА

УДК 81'23

DOI: 10.17223/19986645/45/1

С.В. Алексеева, Н.А. Слюсарь

### ЭФФЕКТ ДЛИНЫ ПРИ ПАРАФОВЕАЛЬНОЙ ОБРАБОТКЕ СЛОВ ВО ВРЕМЯ ЧТЕНИЯ<sup>1</sup>

*В статье исследуется, каким образом изменение длины слова в парафовеальной области (в боковом зрении) влияет на ранние этапы распознавания слов при чтении. Ее цель – установить, важна ли информация о длине только для выбора места следующей фиксации или также на этапе лексического доступа. Результаты эксперимента с применением методики невидимой границы при чтении текста носителями русского языка позволяют сделать вывод, что информация о длине слова используется в том числе и для ограничения списка возможных кандидатов при лексическом доступе.*

*Ключевые слова: чтение, движение глаз, парафовеальная обработка, гипотеза ограничения лексических кандидатов по длине, длина, методика невидимой границы.*

#### 1. Введение

Процесс чтения включает в себя сложное взаимодействие зрительного восприятия, окуломоторных процессов (движений глаз) и лингвистической обработки. При чтении, как и при обработке любой другой визуальной информации, наши глаза постоянно находятся в движении: краткосрочные остановки (фиксации), продолжительностью обычно от 60 до 600 миллисекунд (в среднем 200–250 мс<sup>2</sup>), чередуются с очень быстрыми, порядка 500°/с и выше, баллистическими скачками (саккадами). Скорость саккад настолько велика, что во время скачков человек ничего не воспринимает (это называется саккадическим подавлением). Вся визуальная обработка происходит во время фиксаций [1]. Саккады обычно длятся 20–50 мс (в зависимости от того, насколько далеко нужно переместить глаза) и покрывают в среднем 7–9 символов (включая пробелы)<sup>3</sup>. Около 10–15% саккад являются регрессиями, т.е. возвратами к уже прочитанному.

Читая текст, люди непосредственно фиксируют взгляд приблизительно на 70% слов в тексте, остальная часть слов пропускается. Это характерно, прежде всего, для коротких (легких для обработки) слов. На сложных для обработки словах (низкочастотных, плохо предсказуемых и др.) читающие обычно фиксируют взгляд несколько раз (это называется рефиксацией). Наличие пропусков и рефиксаций не позволяет использовать единственно общее время прочтения для полного отражения процессов распознавания слов читающими, поэтому в настоящее время применяют целый набор мер, осно-

---

<sup>1</sup> Данная работа выполнена при финансовой поддержке РГНФ, грант № 14-04-00586.

<sup>2</sup> Все цифры, здесь и далее, если не указано иного, соответствуют ситуации внимательного чтения текста средней сложности взрослыми носителями английского языка.

<sup>3</sup> Вне зависимости от расстояния до монитора и размера шрифта [2].

ванных на понятии длительности фиксации: длительность первой фиксации, независимо от того, сколько раз затем на слове зафиксировался взгляд (first fixation duration); длительность единственной фиксации (single fixation duration); время первого прохода, т.е. сумма всех фиксаций на слове во время первого прочтения, включая рефиксации (gaze duration); общее время прочтения (total viewing time), в которое входят все фиксации на слове, включая фиксации после регрессии к этому слову и др. [3]. Первые три меры соответствуют ранним стадиям обработки слова, последняя мера отражает процессы, происходящие на поздних стадиях процесса распознавания [4]. Среди других мер, описывающих движения глаз при чтении, следует упомянуть количество фиксаций на слове, размер саккады (в символах) и относительное место первой фиксации, вычисляемое как координата X места первой фиксации (в пикселях), поделенная на длину слова (в пикселях).

Глаз находится в постоянном движении в связи с тем, что четкость воспринимаемого изображения является максимальной лишь в небольшой области сетчатки — ее называют центральной ямкой или *фовеей* — где сконцентрировано наибольшее количество светочувствительных рецепторов [5]. Фовея соответствует области изображения размером до 2 угловых градусов зрительного поля ( $2^\circ$ ) относительно точки фиксации (3–4 символа<sup>2</sup>), на расстоянии от 2 до  $5^\circ$  (до 15–20 символов<sup>2</sup>) находится область *парафовеи* с менее четкой разрешающей способностью, за пределами  $5^\circ$  визуальных углов — область периферии, где человек практически ничего не воспринимает [1, 2].

В связи с неоднородностью поля восприятия встает вопрос: во время каждой фиксации мы распознаем только ту часть текста, которая соответствует фовеальной области, или в функциональное поле читающего также попадают слова, которые находятся в парафовеи, справа от точки фиксации (при направлении чтения слева направо)? Ответить на этот вопрос стало возможным, когда появились методики, позволяющие регистрировать движения глаз в реальном времени и проводить различные манипуляции с текстом (например, изменять текст) прямо во время осуществления саккад, т.е. тогда, когда человек ничего не воспринимает из-за саккадического подавления (см. выше).

Размер функционального поля был определен при помощи методики движущегося окна (moving window) [6]. При этой методике выбирается диапазон (размер окна) и все символы *за пределами* этого окна вокруг каждой фиксации маскируются — заменяются на *x*, визуально похожие или непохожие буквы (относительно исходных) или любые другие символы. Таким образом искусственно ограничивается размер функционального поля читающего. Эксперименты с использованием данной методики показали, что скорость чтения при наличии окна практически не отличается от обычной, когда читающему доступны как минимум 3–4 позиции слева и 14–15 справа от центра фиксации по направлению чтения (позиции с 5-й по 15-ю попадают в парафовеальную область<sup>2</sup>) [6, 7]. Если, напротив, маскировать буквы, соответствующие фовеальной области (три символа вокруг точки фиксации), создавая слепое пятно, то чтение становится практически невозможным (скорость чтения падает более чем в пять раз). Если размер слепого пятна увеличить до 7–10 символов, то скорость чтения уменьшится до 10 слов в минуту при средней скорости в 332 слова в минуту. Если же скрывать парафовеальную

область, то скорость чтения также уменьшится, но не так сильно: менее чем в три раза за пределами окна в 3 символа вокруг точки фиксации и менее чем в два раза при окне до 7–10 символов [8]. Таким образом, можно утверждать, что, хотя основную часть визуальной информации о слове мы получаем фовеальным зрением, процесс распознавания начинается ранее, еще на этапе парафовеальной обработки.

Какие характеристики слов мы успеваем вычленить при парафовеальной обработке? Чтобы ответить на этот вопрос, обычно используют методику невидимой границы (boundary paradigm) [9]. Суть этой методики заключается в следующем. В предложении выбирается ключевое (целевое) слово, и перед ним располагается условная невидимая граница. Пока глаза читающего находятся перед ней, вместо ключевого слова в соответствующей позиции на экране показывается другое слово или псевдослово (последовательность букв, не являющаяся словом изучаемого языка). Его называют праймом (prime или preview). Когда в процессе очередной саккады глаза читающего пересекают невидимую границу, расположенную перед ключевым словом, изначально показанный прайм меняется на целевое слово (рис. 1). Собственно, замену человек обычно не замечает из-за саккадического подавления. Однако было показано, что подобные манипуляции могут оказать значительное влияние на итоговую скорость прочтения целевого слова.

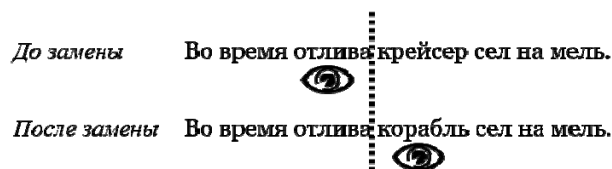


Рис. 1. Пример стимула в эксперименте с невидимой границей

Эксперименты с невидимой границей построены на измерении прайм-эффекта (preview effect), заключающегося в том, что длительность фиксаций на ключевом слове после прайма, каким-то образом связанного с целевым словом (например, визуально похожего на него: *секта* → *сетка*), меньше, чем после прайма, не связанного с целевым словом (*баран* → *сетка*). Теоретически это объясняется следующим образом. Если характеристики, считанные парафовеально с прайма, противоречат фовеально извлеченным характеристикам целевого слова, на котором глаза зафиксировались после замены, то процесс интеграции парафовеальной информации с фовеальной прерывается, начинается повторный анализ и длительность фиксаций на целевом слове увеличивается. Таким образом, мы можем подбирать праймы, варьируя характеристики, связанные с различными этапами обработки слова, и смотреть, насколько сильно это будет влиять на длительность фиксации на целевом слове. При этом если в качестве одного из праймов мы берем само целевое слово (исходное условие), а второй прайм представляет собой другое слово или последовательность символов, у которых с целевым словом не совпадает исследуемая характеристика (экспериментальное условие), то можно говорить о размере отрицательного прайм-эффекта (preview cost). Если же в каче-

стве отправной точки (исходное условие) мы выбираем последовательность символов или слово, никак не связанное с целевым словом или не имеющее исследуемой характеристики, а экспериментальное условие представляет собой прайм, обладающий исследуемой характеристикой, то говорят о размере положительного прайм-эффекта (preview benefit). Предыдущие исследования с невидимой границей показали, что орфографически и фонетически близкие праймы сокращают длительность фиксации на ключевом слове после замены [2, 9, 10]. Данные об извлечении семантической и морфологической информации противоречивы [2].

На данный момент существует ряд конкурирующих моделей доступа к слову в ментальном лексиконе, и все они включают в себя этап активации нескольких возможных кандидатов в процессе доступа к распознаваемой единице [11–15]. Причем в основе активации лежит орфографическое сходство, если это касается письменной речи. В данной работе мы отвечаем на вопрос о том, используется ли длина, помимо орфографического сходства, в качестве параметра, влияющего на стадию активации, а именно на процесс ограничения множества возможных кандидатов при поиске слова в ментальном лексиконе.

### **1.1. Длина слов при чтении текстов**

Данные, полученные из корпусов записей движений глаз при чтении текстов, показывают, что длина слов влияет как на длительность, так и на количество фиксаций. В частности, чем больше букв в слове, тем больше времени нужно, чтобы его прочесть [1, 16]. Это может быть объяснено тем, что на длинных словах (от 8 букв и больше) читающие останавливают взгляд чаще чем один раз и почти никогда их не пропускают. Повторное прочтение длинных слов необходимо в связи с окуломоторными ограничениями: не все буквы можно одинаково хорошо распознать за одну фиксацию. Короткие слова (длиной 2–3 буквы), наоборот, пропускаются почти в трети случаев. В целом чем длиннее слово, тем чаще на нем фиксируется взгляд и тем меньше оно пропускается. При этом важным является именно количество букв, а не физическая длина слова. С. Макдональд [17] контролировал физическую длину предъявляемых слов с разным количеством букв (при помощи сжатия/растягивания символов), и результаты оказались аналогичными полученным ранее. От длины также зависит место первой фиксации внутри слова. Во многих исследованиях показано [18, 19], что обычно глаза останавливаются чуть левее центра слова (примерно на одну букву). Такое расположение называют предпочитаемой позицией первой фиксации (preferred viewing location).

Из перечисленных выше фактов можно сделать вывод, что длина влияет, прежде всего, на перцептивную стадию обработки слов: при помощи длины определяется, куда направить следующую саккаду. Однако длина коррелирует с рядом лингвистических параметров: короткие слова в основном являются служебными словами, в то время как длинные слова почти всегда относятся к полноточным частям речи; в коротких словах по сравнению с длинными меньше аффиксов, как и слогов, и у коротких слов больше квазиомографов (*сетка – секта – метка* и др.) или орфографических соседей. Было показано, что количество орфографических соседей влияет на лексический доступ [20].

Кроме того, когда людей просят угадать следующее слово в тексте, то информация о длине существенно увеличивает точность ответов [21]. Все это говорит о том, что *информация о длине может учитываться при активации кандидатов в процессе доступа к распознаваемой единице*. В связи с этим говорят о *гипотезе ограничения лексических кандидатов по длине* при чтении (length constraint hypothesis) или о «лингвистической» функции длины (помимо чисто перцептивной). В большинстве работ эта гипотеза представлена в достаточно мягком варианте: информация о длине совместно с орфографическим кодом используется для ограничения списка возможных кандидатов [20, 22]. Эта гипотеза была сформулирована в 2003 г. А. Инхоффом с коллегами [20]. Для проверки данной гипотезы они предложили использовать методику невидимой границы. Эксперименты, которые тестировали данную гипотезу, дали противоречивые результаты. Ниже представлено краткое описание этих экспериментов.

В серии из двух экспериментов А. Инхоффа и его коллег гипотеза ограничения лексических кандидатов по длине не нашла подтверждения [20]. В первом эксперименте испытуемых просили прочитать предложения, в которых содержалось ключевое слово (например, *subject* ‘предмет, тема’). Для каждого ключевого слова было подобрано четыре прайма (одно или два псевдослова): близкий по написанию и совпадающий по длине (*subtect*), близкий по написанию, но не совпадающий по длине (*sub ect*), непохожий по написанию, но совпадающий по длине (*mivtirp*) и непохожий по написанию и не совпадающий по длине (*miv irp*). Прайм заменялся на ключевое слово при пересечении невидимой границы, которая располагалась сразу же после слова, предшествующего ключевому. Ученые ожидали получить значимое взаимодействие длины и орфографического сходства: орфографическое сходство должно ускорять обработку ключевого слова сильнее, когда прайм и целевое слово совпадают по длине, чем в противоположном случае. Результаты эксперимента показали, что отдельно длина и орфографическое сходство влияют на длительности фиксации на ключевом слове после замены, однако взаимодействие этих двух факторов не достигло значимости.

Как сказано выше, орфографическое сходство является главным фактором, влияющим на активацию кандидатов в существующих моделях лексического доступа, а следовательно, оно, без сомнения, обладает лингвистической функцией. Поэтому Инхофф с коллегами сделал следующий вывод: раз длина не вступает во взаимодействие с орфографическим кодом, то она не имеет отношения к лингвистической обработке (эти параметры относятся к разным стадиям распознавания) и используется только для программирования саккад (т.е. длина является чисто перцептивной характеристикой). В этом случае полученная значимость фактора длины может быть объяснена тем, что, когда в парафовеальной области находился прайм, отличный от целевого слова по длине, глаза выбирали в качестве позиции первой фиксации в слове ту, которая оптимальна для прайма, но не для целевого слова. И это замедлило обработку целевого слова после замены.

Во втором эксперименте А. Инхофф и его соавторы исследовали два фактора: длину прайма и частотность ключевого слова. При этом праймы всегда были псевдословами, визуально похожими на целевое слово (например,

*sivtirp / siv irp* – *subject* ‘предмет, тема’). Авторы ожидали получить больший прайм-эффект между праймами разной длины для низкочастотных слов, чем для высокочастотных. Количество первых в разы больше, чем вторых, поэтому длина должна была сократить список возможных кандидатов в большей мере для низкочастотных слов, чем для высокочастотных. Это верно при условии, что длина, как и частотность, связана с доступом к ментальному лексикону. Результаты снова противоречили предсказаниям гипотезы ограничения лексических кандидатов по длине: не было найдено значимого взаимодействия между исследуемыми факторами, хотя отдельно эффекты длины и частотности были выявлены.

В следующих двух исследованиях [23, 24] были представлены данные, которые можно интерпретировать в пользу рассматриваемой гипотезы. Ученые тестировали ее при помощи манипуляций с длиной и контекстной предсказуемостью, которая, как известно, играет существенную роль при поиске слов в ментальном лексиконе [25]. В исследовании С. Уайт и коллег [23] участники читали предложения (например, *the explosives expert planted the large bomb/rose under the old tree* ‘сапер заложил бомбу / посадил розу под старое дерево / под старым деревом’), в которые были вставлены либо предсказуемые слова (*bomb* ‘бомба’), либо непредсказуемые (*rose* ‘роза’). Для каждого ключевого слова было сконструировано два прайма: идентичный (*bomb/rose* ‘бомба’ / ‘роза’) и не совпадающий по длине (*bombsunder/rosesunder* ‘бомбуспод’ / ‘розуспод’). Для того чтобы создать не совпадающий по длине прайм, исследователи вставляли букву *s* ‘с’ между ключевым и следующим за ключевым словом. Результаты выявили значимое взаимодействие между длиной и контекстной предсказуемостью: прайм-эффект между предсказуемыми и не предсказуемыми словами был больше, когда прайм и целевое слово совпадали по длине, чем в противоположном случае. В эксперименте Б. Юхас с соавторами использовали сложные слова (*backhand* ‘удар с неудобной руки (в теннисе)’) и сочетания из двух слов, полученные из сложных путем удаления одной буквы (*back and* ‘спина и’), которые могли быть предсказуемы или нет в зависимости от контекста. Когда первые использовали в качестве прайма для вторых (по сравнению с идентичным условием) и наоборот, эффект предсказуемости исчезал. Иначе говоря, эффект предсказуемости зависел от того, совпадали ли прайм и целевое слово по длине. По логике, описанной выше, получается, что длина, как и контекстная предсказуемость, связана с отбором кандидатов при лексическом доступе.

В недавнем исследовании А. Велдре и С. Эндрьюс [22] представили данные, также говорящие в пользу гипотезы ограничения лексических кандидатов по длине. Как и в эксперименте А. Инхоффа с коллегами, в этой работе четыре вида прайма отличались друг от друга комбинацией длины и орфографического сходства. Чтобы получить прайм, отличный от целевого слова по длине, авторы заменяли пробел после ключевого слова (например, *...afternoon wind blew...* ‘...во второй половине дня ветер дул...’) на последнюю букву ключевого слова (*...afternoon windblew...* ‘...во второй половине дня ветеррдул...’). Чтобы получить праймы, визуально непохожие на ключевое слово, они использовали случайные последовательности букв (*...afternoon crvt blew...* / *...afternoon crvitblew...* ‘во второй половине крвт

дул' / 'во второй половине крвттдул'). Длительность обработки ключевого слова была больше после праймов, не совпадавших по длине, чем когда длина прайма и целевого слова совпадали, и после праймов, составленных из случайных букв по сравнению с идентичным условием. Самым важным результатом стало то, что взаимодействие исследуемых факторов достигло значимости: орфографическое сходство ускоряло обработку ключевого слова сильнее, когда прайм и целевое слово совпадали по длине, чем в противоположном случае. Этот эксперимент показал, что длина, как и орфографический код, влияет на отбор кандидатов в процессе доступа к распознаваемой единице.

Несовпадение результатов перечисленных выше экспериментов, с нашей точки зрения, может быть вызвано следующими обстоятельствами. Во-первых, ученые в своих исследованиях использовали разные факторы. Возможно, предсказуемость сильнее влияет на отбор кандидатов, чем орфографическое сходство [22]. Или дополнительные затраты на обработку визуальной формы слова при несовпадении длины больше в ситуации ожидания определенного слова по сравнению со случаем, когда ожиданий нет. Во-вторых, во всех экспериментах, где удалось найти подтверждение гипотезы ограничения лексических кандидатов по длине, в качестве одного из условий выбиралось идентичное (когда прайм и целевое слово совпадали). Может быть, использование псевдослов в качестве праймов в экспериментах А. Инхоффа и соавторов не давало выявить прайм-эффект, отражающий совместное влияние длины и орфографического сходства. То есть лексический статус праймов имеет значение. В-третьих, авторы, которые высказались в пользу рассматриваемой гипотезы, в качестве прайма, не совпадающего с целевым словом по длине, использовали более длинное слово, а А. Инхофф с коллегами для конструирования соответствующих праймов удаляли одну из центральных букв из праймов, совпадающих по длине (например, *subtect* → *sub ect*). Эта манипуляция, вероятно, позволила испытуемым обработать больше букв: как известно, лучше всего обрабатываются первые и последние буквы, поэтому те буквы, которые примыкали в коротком прайме к образованному пробелу, могли быть восприняты лучше, и это ослабило эффект, вызванный совпадением по длине.

Все эти предположения могут быть верны одновременно. Наше исследование направлено на то, чтобы подтвердить или опровергнуть гипотезу ограничения лексических кандидатов по длине с учетом второго из вышеперечисленных пунктов.

## 2. Метод

Мы провели эксперимент с применением методики невидимой границы на материале русского языка, чтобы проверить гипотезу ограничения лексических кандидатов по длине с учетом одного из представленных выше предположений, призванных объяснить различные результаты экспериментов, в которых тестировалась данная гипотеза. Это предположение заключается в том, что нелексический статус праймов замедляет процесс распознавания слов в парафовеальной области, и этот факт может скрыть эффект длины.

Мы взяли за основу второй эксперимент А. Инхоффа и его соавторов [20], но внесли в него следующие изменения. Во-первых, в качестве праймов

мы решили подобрать реальные слова, визуально похожие на целевое слово, в то время как в эксперименте А. Инхоффа и коллег праймы представляли собой псевдослова. Это изменение прямо вытекает из описанного выше предположения. Кроме того, в нескольких предыдущих исследованиях с применением методики невидимой границы было показано, что реальные слова являются лучшим праймом для целевого слова, чем псевдослова даже при совпадении визуальной сложности [9, 26].

Во-вторых, в своем исследовании А. Инхофф и его соавторы [20] манипулировали только частотностью целевого слова, так как праймы были псевдословами. В нашем случае мы также подобрали целевые слова с высокой и низкой частотностью. Кроме того, из предыдущих исследований мы знаем, что помимо собственной частотности целевого слова важным является соотношение частотностей между ним и праймом [26]. Поэтому для низкочастотных целевых слов мы использовали высокочастотные праймы и наоборот.

В-третьих, для условия несовпадения длины прайма и целевого слова мы подобрали слова всего на две буквы длиннее, чем ключевое слово. Мы ожидали, что такое незначительное изменение длины слова в парафовеесущественным образом не повлияет на предпочитаемое место первой фиксации. И тогда, если будет выявлено ускорение обработки ключевого слова после праймов, совпадающих по длине, полученный эффект нельзя будет объяснить с чисто перцептивной позиции. В этом случае результаты эксперимента будут свидетельствовать в пользу гипотезы ограничения лексических кандидатов по длине. Кроме того, как и в эксперименте А. Инхоффа с коллегами [20], мы собирались проанализировать взаимодействие между частотностью и длиной<sup>1</sup>.

### **2.1. Участники**

В исследовании приняло участие 24 взрослых носителя русского языка в возрасте от 22 до 30 лет. Все испытуемые имели нормальное или скорректированное до нормального (очками или линзами) зрение. Они не знали о цели исследования и приняли участие в эксперименте добровольно и безвозмездно.

### **2.2. Материал**

Мы отобрали 48 ключевых слов длиной 5, 6 или 7 букв. Все слова были существительными. Половина из них были высокочастотными: средняя частотность – 104,9 ipm (items per million, т.е. количество употреблений на миллион), диапазон частот – от 41,6 до 242,2 ipm. Другая половина – низкочастотные слова: средняя частотность – 4,6 ipm, диапазон частот – от 0,7 до 15,0 ipm. При подборе слов (здесь и ниже) использовалась частота леммы (суммарная частотность всех словоформ данной лексемы), взятая из «Частотного словаря современного русского языка» О.Н. Ляшевской и С.А. Шарова [27]. Средняя длина высокочастотных слов составила 6,2 буквы, низкочастотных – 6,0. Для каждого ключевого слова было составлено простое утвер-

---

<sup>1</sup> Заметим, что из всех возможных вариантов несовпадения по длине (одно слово может быть длиннее или короче другого на разное число букв) мы, как и авторы предыдущих исследований, рассматриваем только один. Однако если удастся показать, что длина влияет на скорость прочтения и это влияние не обусловлено полностью проблемами с местом первой фиксации, этого будет достаточно для подтверждения гипотезы.



дительное предложение, не превышавшее 80 символов в длину. Ключевое слово всегда находилось в середине предложения (никогда не занимало ни первые две, ни последние две позиции).

Пример экспериментального предложения во всех исследуемых условиях:

1. (После замены, ключевое слово выделено жирным)

*Созревшие плоды **кокоса** весят в среднем 600 граммов.*

2. (До замены, прайм выделен жирным)

*a. Созревшие плоды **кокоса** весят в среднем 600 граммов.* (идентичное условие: прайм и ключевое слово полностью совпадают)

*b. Созревшие плоды **колена** весят в среднем 600 граммов.* (прайм и ключевое слово совпадают по длине)

*c. Созревшие плоды **коридора** весят в среднем 600 граммов.* (прайм и ключевое слово не совпадают по длине)

Для каждого ключевого слова (например, *кокоса*) было подобрано три вида праймов: идентичное слово (*кокоса*), совпадающее по длине реальное слово (*колена*) и не совпадающее по длине реальное слово (*коридора*). Все праймы обладали определенной степенью визуального сходства с целевым словом: у них совпадали две первые и последняя буквы. Стоит отметить, что многочисленные эксперименты [25, 28, 29] с невидимой границей показали, что совпадение первых двух-трех букв у целевого слова и прайма ускоряет обработку после замены. Для коротких слов (меньше шести букв) тот же эффект прослеживается и для нескольких последних букв [30, 31]. При этом совпадение букв, расположенных в середине, не вызывает прайминг. Благодаря пробелам с одной стороны крайние буквы обладают большей перцептивной выделенностью и, вероятно, запускают процесс лексического доступа еще на стадии парафовеальной обработки. Именно в связи с данными фактами мы решили использовать крайние буквы как показатель визуального сходства.

Не совпадающий по длине прайм был длиннее, чем ключевое слово, на две буквы. Совпадающий по длине прайм имел такую же или почти такую же слоговую структуру, что и целевое слово. Не совпадающий по длине прайм был подобран так, что слоговая структура целевого слова почти всегда полностью входила в слоговую структуру прайма. Неидентичные праймы стояли в том же числе и в большинстве случаев в том же падеже, что и целевое слово. Неидентичные праймы были отобраны при помощи базы данных Stimul-Stat, позволяющей искать слова по различным лингвистическим характеристикам, включая длину, частотность, первую и последнюю буквы, часть речи и др. [32].

Для низкочастотных целевых слов неидентичные праймы представляли собой высокочастотные слова. Средняя частотность праймов для условия совпадения по длине – 95,5 ipm (диапазон – от 41,5 до 157,7 ipm), для условия несовпадения по длине – 94,7 ipm (диапазон – от 39,1 до 160,0 ipm). У высокочастотных целевых слов праймы были низкочастотными словами. Средняя частотность праймов для условия совпадения по длине – 4,5 ipm (диапазон – от 0,5 до 13,6 ipm), для условия несовпадения по длине – 4,3 ipm (диапазон – от 0,4 до 13,8 ipm). Мы провели парный двухсторонний t-тест, который под-

твердил, что частотности подобранных праймов в совпадающем и не совпадающем по длине условиях не различались (для низкочастотных целевых слов:  $p = 0,93$ , для высокочастотных целевых слов:  $p = 0,8$ ).

Помимо 48 экспериментальных предложений в эксперимент вошли 42 отвлекающих предложения (филлеры). Длина филлеров также не превышала 80 символов. Три лингвиста-эксперта проверили все составленные предложения на естественность. В результате данной процедуры небольшое количество предложений было скорректировано. Окончательный список предложений представлен в прил. 1.

Стимульные предложения были распределены по трем экспериментальным листам по методу латинского квадрата. Отвлекающие предложения были одними и теми же для всех экспериментальных листов. Каждый испытуемый читал только один экспериментальный лист. Предложения в каждом листе шли в случайном порядке.

### **2.3. Оборудование**

Для проведения эксперимента использовался аппарат для регистрации движения глаз SR Research Eyelink 1000 plus с камерой, расположенной под монитором (desktop mode). Как часто делается в такого рода исследованиях, запись движений глаз шла в монокулярном режиме, хотя испытуемые читали предложения, используя оба глаза [20]. Мы решили не использовать стойку для фиксации головы, чтобы смоделировать ситуацию чтения, максимально приближенную к естественной. Положения глаз регистрировались каждые 4 мс.

Для показа стимулов мы использовали жидкокристаллический монитор HP Compaq LA2205wg 22" с частотой обновления картинки 60 Гц и разрешением 1680 x 1050 пикселей. Предложения были набраны шрифтом Georgia (14 кеглей) черным цветом на белом фоне. Каждое экспериментальное предложение помещалось на одной строчке. Испытуемые находились на расстоянии 60 см от монитора, но из-за того, что был выбран режим записи со свободным положением головы, расстояние могло слегка изменяться. При отдалении глаз от монитора на 60 см  $1^\circ$  зрительного поля соответствует приблизительно 2,2 буквы.

Эксперимент был создан при помощи программного обеспечения Experiment Builder, разработанного в компании SR Research и поставляемого вместе с регистратором движения глаз. Замена прайма на целевое слово происходила во всех экспериментальных предложениях (даже в идентичных условиях), когда глаза пересекали невидимую границу. Граница располагалась перед последней буквой слова, идущего перед целевым. Время выполнения подмены картинки (от момента идентификации перехода границы до окончания отрисовки<sup>1</sup> текста после замены) колебалось от 7 до 25 мс (в среднем – 16 мс).

### **2.4. Процедура**

Испытуемые проходили эксперимент по отдельности в тихой комнате. Эксперимент начинался с калибровки регистратора движения глаз: испытуе-

---

<sup>1</sup> Под отрисовкой понимается процесс отображения текста на экране компьютера (имеется в виду задержка, вызванная тем, что пиксели на мониторе не загораются мгновенно).

мые должны были фиксировать взгляд поочередно на 13 точках, которые случайным образом показывались на экране. За калибровкой следовал этап валидации, во время которой испытуемые должны были повторить процедуру калибровки. После этого система сверяла результаты повторной калибровки с предсказаниями регистратора, сделанными на основе результатов исходной калибровки. Валидация считалась успешной, если ошибка, полученная на основе предсказаний, не превышала 1°.

После этапа валидации испытуемые видели инструкцию, в которой сообщалось, что во время эксперимента им необходимо будет читать предложения и время от времени отвечать на вопросы по содержанию прочитанного. После прочтения инструкции испытуемый нажимал любую кнопку на джойстике, после этого на экране появлялся небольшой черный кружок, располагавшийся на месте первой буквы будущего предложения. Испытуемый фиксировал взгляд на кружке, а экспериментатор оценивал, насколько хорошо регистратор движений глаз определял точку фиксации. Если отклонение было большим, то экспериментатор запускал повторную калибровку, в противном случае экспериментатор нажимал пробел, после чего испытуемому показывалось первое предложение.

После прочтения предложения испытуемому нужно было посмотреть в правый нижний угол экрана. Далее испытуемый видел либо снова фиксационную точку, за которой следовало новое предложение, либо вопрос на понимание уже прочитанного предложения с двумя вариантами ответа. Чтобы ответить на вопрос, испытуемому необходимо было посмотреть на выбранный им вариант. Вопросы появлялись после трети предложений. Анализ ответов показал, что все испытуемые внимательно читали предложения, так как средняя точность ответов составила 97%.

### **3. Анализ данных и результаты**

Зависимыми переменными в нашем исследовании были длительность первой фиксации, длительность единственной фиксации, время первого прохода, общее время прочтения, описанные во введении. В качестве независимых переменных мы использовали тип прайма (идентичный, совпадающий по длине, не совпадающий по длине), частотность целевого слова / прайма (нечастотное целевое слово – частотный прайм / частотное целевое слово – нечастотный прайм), пропуск слова, расположенного слева от ключевого (пропущено / не пропущено) и относительную позицию первой фиксации.

#### **3.1. Предварительная обработка данных**

Считалось, что на том или ином слове зафиксировался взгляд, если глаза остановились на любой букве внутри слова или на пробеле перед словом. Следуя распространенной практике в данной области [16, 19], мы выбрали верхнее и нижнее пороговые значения времени фиксации и удалили из анализа значения, выходящие за пределы данного диапазона. Нижний порог был равен 10 мс. Что касается верхнего порога, то для первой фиксации, единственной фиксации и времени первого прохода он составил 1000 мс, для общего времени прочтения – 1500 мс. Также были исключены предложения, в которых было зафиксировано моргание в диапазоне плюс-минус одно слово от ключевого, те предложения, в которых отрисовка после замены закончилась позже, чем завершилась саккада, а также те предложения, где целевое слово

при первом прочтении было пропущено. В результате для анализа мы использовали 662 предложения из 1152. Из-за сложности процедуры во всех экспериментах с невидимой границей приходится терять большое количество данных [33].

### 3.2. Анализ данных

Для анализа данных мы использовали метод смешанных линейных моделей [34]. Этот метод (разновидность регрессионного анализа) является альтернативой дисперсионному анализу с повторениями. Его главным преимуществом является то, что в модели одновременно учитывается как вариативность по испытуемым, так и вариативность по стимулам (в качестве случайных эффектов). Это позволяет избежать довольно частой ситуации в дисперсионном анализе, когда усреднение по стимулам – F1 – дает один результат, а усреднение по испытуемым – F2 – другой [34].

Мы использовали среду R и библиотеку lme4 [35] для проведения статистического анализа и построения смешанных моделей. В библиотеке lme4 не реализован расчет p-уровней для моделей с интервальными зависимыми переменными (такими как длительность фиксаций) из-за теоретической неоднозначности при расчете числа степеней свободы. Однако значимость независимых переменных можно определить, исключая из полной модели со всеми независимыми переменными (а также с их взаимодействиями) последовательно каждый исследуемый параметр и сравнивая полную и урезанную модели при помощи отношения правдоподобия (likelihood ratio test). Таким же образом можно проверять значимость взаимодействий между интересующими параметрами [34].

Руководствуясь данным методом, мы сначала определили, какие взаимодействия фиксированных эффектов (независимых переменных) являются существенными, а затем на основе полученной наилучшей модели определили значимость каждого эффекта отдельно. Значимое ухудшение модели после удаления параметра, который имеет три уровня (как в нашем случае тип прайма), не говорит о том, какие именно различия повлияли на результат. Поэтому в данном случае мы смотрели на значение двухстороннего t-теста, включенного в выдачу регрессионной модели. Если  $t > 1,96$ , то разница между уровнями (закодированная при помощи контрастов) значима [33].

Для каждой зависимой переменной мы строили отдельные регрессионные модели, используя в качестве фиксированных эффектов независимые переменные, а в качестве случайных эффектов идентификаторы испытуемых и идентификаторы экспериментальных предложений. Все зависимые переменные были предварительно логарифмированы. Это необходимо для того, чтобы так называемые остатки модели (та вариативность, которую не удалось предсказать) были распределены нормально [19].

Фиксированные переменные были введены в модели в следующем виде. Пропуск предшествующего слова и частотность ключевого слова были закодированы в R при помощи контраста treatment метками  $-0,5$  и  $0,5$ . Для первого фактора исходным уровнем считалась наличие фиксации на предшествующем слове (значение « $-0,5$ »), для второго фактора – высокая частотность (значение « $-0,5$ »). Для типа прайма мы использовали скользящий контраст (sliding contrast), который позволял провести два сравнения: (1) идентичное

условие с условием, в котором прайм являлся другим словом, но обладал такой же длиной, как у целевого слова, и (2) совпадающий по длине неидентичный прайм с праймом, не совпадающим по длине (ключевое для нашего исследования сравнение).

Если мы обнаружим эффект длины (ключевое сравнение будет значимо), то результат может быть проинтерпретирован не только в пользу гипотезы ограничения лексических кандидатов по длине. Замедление обработки может быть также вызвано неоптимальным приземлением глаз. Частично мы контролировали эту проблему тем, что выбрали праймы таким образом, что не совпадающий по длине прайм всего на два символа был длиннее, чем прайм, совпадающий по длине. Тем не менее, чтобы полностью исключить это альтернативное объяснение, мы включили в регрессионные модели дополнительный фактор – относительное место первой фиксации. Эта манипуляция позволила проконтролировать все различия, вызванные возможным сдвигом этой позиции, статистически. Таким же образом поступили А. Велдре и С. Эндрьюс в своем исследовании [22]. Относительная позиция первой фиксации, будучи ковариатом (интервальной переменной), была центрирована относительно нуля и введена в модели в квадратичном виде (так как из предыдущих исследований [16, 19] известно, что зависимость между длительностями фиксации и относительным местом первой фиксации квадратичная, а не линейная).

### 3.3. Результаты

В табл. 1 приведены данные о средних длительностях первой фиксации, единственной фиксации, первого прочтения, полного прочтения, а также среднем значении относительного местоположения первой фиксации в зависимости от типа стимула, частотности ключевого слова и пропуска слова, предшествующего ключевому. Результаты построенных моделей представлены в прил. 2.

Фактор «тип прайма» оказался значимым во всех исследуемых временных мерах: первая фиксация (согласно критерию правдоподобия,  $\chi^2(2) = 122,88$ ;  $p < 0,001$ ), единственная фиксация ( $\chi^2(2) = 124,13$ ;  $p < 0,001$ ), время первого прохода ( $\chi^2(2) = 147,82$ ;  $p < 0,001$ ), время полного прочтения ( $\chi^2(2) = 137,68$ ;  $p < 0,001$ ). Подробный анализ этого фактора показал, что испытуемым требовалось существенно меньше времени, чтобы прочитать целевое слово после прайма, совпадающего по длине с целевым словом, чем после прайма, который длиннее, чем ключевое слово (рис. 2). Разница между этими двумя условиями проявилась в мерах, соответствующих ранним этапам процесса обработки. Для длительности первой фиксации она составила  $30 \text{ мс}^1$  ( $b = 0,07$ ,  $SE = 0,04$ ;  $t = 2,06$ ), для единственной фиксации –  $36 \text{ мс}$  ( $b = 0,08$ ;  $SE = 0,04$ ;  $t = 1,97$ ), для времени первого прохода —  $40 \text{ мс}$  ( $b = 0,08$ ;  $SE = 0,04$ ,  $t = 2,29$ ). Для полного времени прочтения разница в  $19 \text{ мс}$  оказалась незначима ( $b = 0,07$ ;  $SE = 0,04$ ;  $t = 1,63$ ). Таким образом, ключевой для нашего исследования фактор длины оказался значимым. Сравнения с услови-

---

<sup>1</sup> Среднее значение на основании исходных (нелогарифмированных) данных.

Таблица 1. Целевые меры движения глаз на ключевом слове в зависимости от типа прайма, частотности и пропуска предшествующего слова

Целевые меры	Частотность целевого слова (N)*	Пропуск слова N-1	Тип прайма			
			Идентичный		Совпадающий	
			M	SD	M	SD
Первая фиксация (мс)	Высокая	Не пропущено	215	58	344	131
	Высокая	Пропущено	253	69	334	106
	Низкая	Не пропущено	273	102	382	169
Единственная фиксация (мс)	Низкая	Пропущено	270	113	342	167
	Высокая	Не пропущено	217	59	350	131
	Высокая	Пропущено	253	69	346	113
Первый проход (мс)	Низкая	Не пропущено	277	104	388	175
	Низкая	Пропущено	279	118	376	171
	Высокая	Не пропущено	226	66	360	139
Полное прочтение (мс)	Высокая	Пропущено	253	69	360	111
	Низкая	Не пропущено	285	105	423	191
	Низкая	Пропущено	306	131	393	165
Относительное место первой фиксации	Высокая	Не пропущено	228	70	413	175
	Высокая	Пропущено	269	87	401	151
	Низкая	Не пропущено	345	171	513	243
Относительное место первой фиксации	Низкая	Пропущено	383	200	491	244
	Высокая	Не пропущено	0,53	0,19	0,56	0,18
	Высокая	Пропущено	0,43	0,20	0,37	0,20
Относительное место первой фиксации	Низкая	Не пропущено	0,56	0,22	0,57	0,20
	Низкая	Пропущено	0,42	0,22	0,44	0,21
	Высокая	Не пропущено	0,54	0,18	0,54	0,23
	Высокая	Пропущено	0,49	0,20	0,49	0,26
	Низкая	Не пропущено	0,57	0,24	0,57	0,24
	Низкая	Пропущено	0,43	0,21	0,43	0,23

\*У высокочастотного целевого слова неидентичные праймы были низкочастотными и наоборот. Обозначения: М – среднее значение, SD – стандартное отклонение.

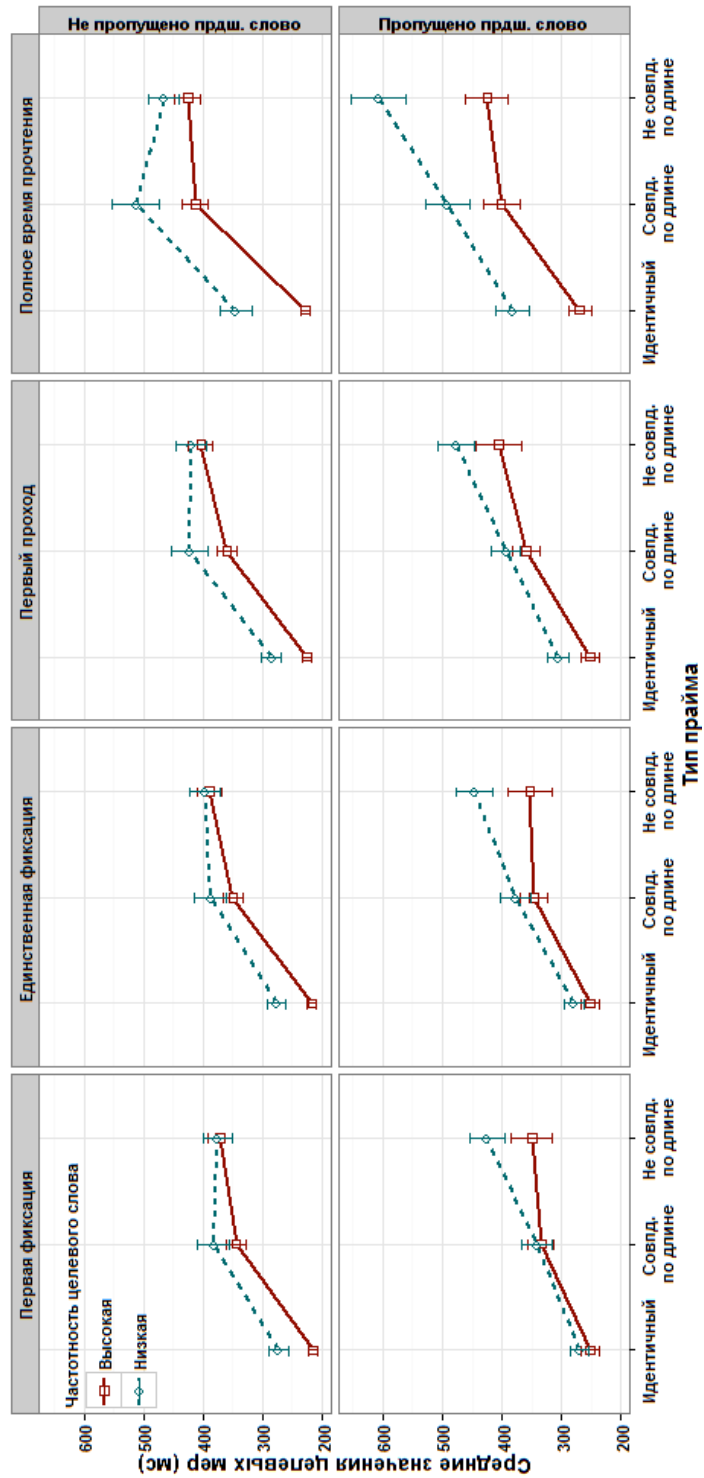


Рис. 2. Средние значения целевых мер движений глаз для ключевого слова в зависимости от типа прайма, частотности ключевого слова и пропуска предшествующего слова

ем идентичности также дали значимые результаты (см. прил. 2), что свидетельствует о том, что испытуемые реагировали на замену слова, даже если его длина не менялась (так как эти сравнения не являются ключевыми для нашего исследования, мы не будем на них подробно останавливаться).

Как показывают приведенные в прил. 2 данные, для некоторых мер также оказались значимыми такие факторы, как пропуск слова перед ключевым (это ожидаемый результат), место первой фиксации и частотность ключевого слова. К частотности мы вернемся ниже. Значимость же второго фактора указывает на то, что у испытуемых возникали определенные сложности в связи с неоптимальным местом первой фиксации в условии с «длинными» праймами. Тем не менее для нас важно, что интересующий нас эффект длины оказался значимым *при учете* этого фактора, т.е. эффект длины *не сводится* к затруднениям, связанным с неоптимальным местом первой фиксации.

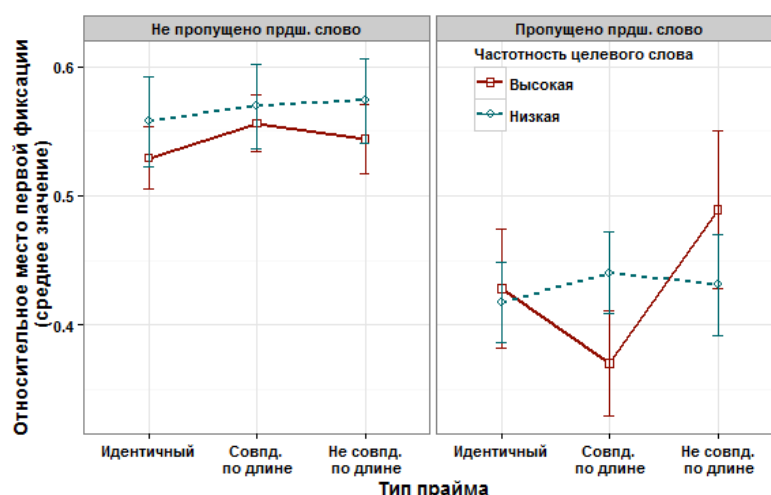


Рис. 3. Средние значения относительного места первой фиксации на ключевом слове в зависимости от типа прайма, частотности и пропуска предшествующего слова<sup>1</sup>.

Мы провели дополнительный анализ, исследующий степень влияния типа прайма, частотности целевого слова и пропуска предыдущего слова на место первой фиксации (рис. 3). При пропуске предшествующего слова место первой фиксации на ключевом слове существенно сдвигается влево ( $\chi^2(1) = 61,47$ ;  $p < 0,001$ ). Тип прайма ( $\chi^2(2) = 3,16$ ;  $p = 0,21$ ) и частотность ( $\chi^2(1) = 1,24$ ;  $p = 0,27$ ) не оказывают влияния на место первой фиксации. Тройное взаимодействие между факторами также не достигло значимости ( $\chi^2(7) = 4,31$ ;  $p = 0,74$ ). Таким образом, мы подтвердили, что экспериментальная манипуляция не изменила значимо место предпочитаемой фиксации. Оба результата, представленных выше, дают основания утверждать, что гипотеза ограничения лексических кандидатов по длине правомерна.

Наконец, как и ожидалось, мы установили, что частотные слова обрабатываются значимо быстрее, чем низкочастотные. Разница между низкочас-

<sup>1</sup> Относительное место первой фиксации вычисляется как координата X места первой фиксации (в пикселях), поделенная на длину слова (в пикселях), и поэтому не имеет размерности.



тотным и высокочастотным словами для первой фиксации составила 28 мс ( $\chi^2(1) = 4,12$ ;  $p = 0,04$ ), для единственной фиксации – 38 мс ( $\chi^2(1) = 5,18$ ;  $p = 0,02$ ), для времени первого прохода – 45 мс ( $\chi^2(1) = 7,11$ ;  $p = 0,008$ ), для времени полного прочтения – 99 мс ( $\chi^2(1) = 24,20$ ;  $p < 0,001$ ). Между частотностью и ключевым для данного исследования контрастом не было найдено значимого взаимодействия ни в одной из мер ( $p > 0,1$  для всех сравнений). Это свидетельствует о том, что длина и частотность являются независимыми друг от друга факторами, которые, вероятно, связаны с разными стадиями лексического доступа (активацией и селекцией соответственно).

#### 4. Обсуждение

В рамках данного исследования мы провели эксперимент на материале русского языка с использованием регистратора движения глаз. Мы просили испытуемых прочитать предложения, в которых было выбрано ключевое слово. Перед ключевым словом мы поместили невидимую границу. Когда глаза испытуемых находились перед невидимой границей, в позиции ключевого слова на экране компьютера располагался прайм. В момент пересечения границы глазами (когда человек прочитал все слова до ключевого слова и переводит взгляд на него), прайм менялся на целевое слово. Методика невидимой границы позволяет изучать то, какие характеристики слов считываются при парафовеальной обработке во время чтения (до непосредственной фиксации на слове).

В данном исследовании мы изучали роль длины при визуальной обработке слов в парафове, а точнее, тестировали гипотезу ограничения лексических кандидатов по длине, согласно которой полученная в процессе парафовеальной обработки информация о длине слова не только влияет на окуломоторные процессы (выбор цели для последующей фиксации), но и участвует в лингвистической обработке слов при чтении. Именно на основании этой информации сокращается список кандидатов, активирующихся в процессе лексического доступа. Для этого мы включили в эксперимент три вида прайма: идентичный / совпадающий по длине / не совпадающий по длине.

Наш эксперимент показал, что информация о длине действительно вычленяется на ранних этапах процесса распознавания, так как время обработки ключевого слова после прайма, совпадающего по длине, меньше, чем после прайма, не совпадающего по длине. Зафиксированный эффект длины может быть связан либо с тем, что длина влияет на лексический доступ, либо с тем, что при предъявлении в парафове не совпадающего по длине прайма меняется место первой фиксации на целевом слове после замены (перцептивное объяснение), либо с обоими этими факторами одновременно. В связи с этим мы сделали следующее.

Во-первых, когда мы проводили статистический анализ результатов эксперимента, то включили в список независимых переменных не только тип прайма, но и позицию первой фиксации на целевом слове после замены. Фактор длины оказался значимым для всех мер, соответствующих ранним этапам процесса обработки, фактор места фиксации – только для длительности первой фиксации, значимого взаимодействия между ними не было. Таким образом, длина слова важна и для языкового этапа обработки, и для первой фазы лингвистической обработки. Во-вторых, для не совпадающих по длине

праймов мы выбрали слова всего на две буквы длиннее, чем ключевое слово. Дополнительный анализ результатов с позицией первой фиксации в качестве зависимой переменной показал, что, как мы и ожидали, такое незначительное изменение длины слова в парафовеальном образом не повлияло на предпочитаемое место первой фиксации. Таким образом, результаты нашего эксперимента могут быть проинтерпретированы в пользу гипотезы ограничения лексических кандидатов по длине.

В большинстве моделей доступа к слову в ментальном лексиконе процесс распознавания при чтении включает в себя этап активации возможных кандидатов (прежде всего, на основе орфографического кода) и этап выбора (селекции) наиболее вероятного варианта [11–15]. Второй этап главным образом управляется частотностями активированных кандидатов [11]. Наш эксперимент показал, что длина влияет только на первый этап. В эксперименте мы манипулировали не только типом прайма, но и частотностью целевого слова (половина ключевых слов были высокочастотными словами, другая половина – низкочастотными). В результате, как ожидалось, было установлено, что для прочтения высокочастотных слов требуется меньше времени, чем для низкочастотных, но взаимодействие между частотностью и длиной не достигло значимости.

А. Инхофф и соавторы [20], которые изначально сформулировали гипотезу ограничения лексических кандидатов по длине, полагают, что наличие такого взаимодействия может считаться аргументом в ее пользу. Мы согласны с этим утверждением, однако не считаем, что его отсутствие противоречит этой гипотезе. Мы полагаем, что оно указывает на то, что длина и частотность являются независимыми друг от друга факторами, которые связаны с разными стадиями лексического доступа: длина ограничивает список кандидатов на этапе активации, а частотность влияет на то, какое из активированных слов выиграет конкуренцию на этапе селекции.

#### *Литература*

1. Rayner K. Eye movements in reading and information processing: 20 years of research // *Psychological Bulletin*. 1998. № 124(3). P. 372–422.
2. Schotter E.R., Angele B., Rayner K. Parafoveal processing in reading // *Attention, Perception, and Psychophysics*. 2011. № 74(1). P. 5–35.
3. Rayner K. Eye movements and attention in reading, scene perception, and visual search // *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*. 2009. № 62(8). P. 1457–1506.
4. Livesedge S., Gilchrist I., Everling S. *The Oxford handbook of eye movements*. Oxford: Oxford University Press, 2011. 1048 p.
5. Барабанищikov В.А., Жегалло А.В. Айтрекинг: Методы регистрации движений глаз в психологических исследованиях и практике. М.: Когито-центр, 2014. 128 с.
6. McConkie G.W., Rayner K. The span of the effective stimulus during a fixation in reading // *Perception and Psychophysics*. 1975. № 17(6). P. 578–586.
7. McConkie G.W., Rayner K. Asymmetry of the perceptual span in reading // *Bulletin of the Psychonomic Society*. 1976. № 8(5). P. 365–368.
8. Rayner K., Bertera J.H. Reading without a fovea // *Science*. 1979. № 206(4417). P. 468–469.
9. Rayner K. The perceptual span and peripheral cues in reading // *Cognitive Psychology*. 1975. № 7. P. 65–81.
10. Rayner K., McConkie G.W., Zola D. Integrating information across eye movements // *Cognitive Psychology*. 1980. № 12(2). P. 206–226.
11. Jacobs A.M., Grainger J. Models of visual word recognition: Sampling the state of the art // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 1994. № 20(6). P. 1311–1334.

12. Coltheart M., Rastle K., Perry C., Langdon R., Ziegler J. DRC: A dual route cascaded model of visual word recognition and reading aloud // *Psychological Review*. 2001. № 108(1). P. 204–256.
13. Morton J. The logogen model and orthographic structure / *Cognitive processes in spelling*. London: Academic Press, 1980. P. 117–133.
14. McClelland J.L., Rumelhart D.E. An interactive activation model of context effects in letter perception: I. An account of basic findings // *Psychological Review*. 1981. № 88(5). P. 375–407.
15. Seidenberg M.S., McClelland J.L. A distributed, developmental model of word recognition and naming // *Psychological Review*. 1989. № 96(4). P. 523–568.
16. Kliegl R., Grabner E., Rolfs M., Engbert R. Length, frequency, and predictability effects of words on eye movements in reading // *European Journal of Cognitive Psychology*. 2004. № 16(1–2). P. 262–284.
17. McDonald S.A. Effects of number-of-letters on eye movements during reading are independent from effects of spatial word length // *Visual Cognition*. 2006. № 13(1). P. 89–98.
18. Rayner K. Eye guidance in reading: fixation locations within words // *Perception*. 1979. № 8(1). P. 21–30.
19. Yan M., Zhou W., Shu H., Yusupu R., Miao D., Krügel A., Kliegl R. Eye movements guided by morphological structure: Evidence from the Uighur language // *Cognition*. 2014. № 132(2). P. 181–215.
20. Inhoff A., Eiter B., Radach R., Juhasz B. Distinct subsystems for the parafoveal processing of spatial and linguistic information during eye fixations in reading // *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*. Section A. 2003. № 56(5). P. 803–827.
21. Haber L.R., Haber R.N., Furlin K.R. Word length and word shape as sources of information in reading // *Reading Research Quarterly*. 1983. № 18(2). P. 165–189.
22. Veldre A., Andrews S. Parafoveal preview benefit is modulated by the precision of skilled readers' lexical representations // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 2015. № 41(1). P. 219–232.
23. White S.J., Rayner K., Liversedge S.P. The influence of parafoveal word length and contextual constraint on fixation durations and word skipping in reading // *Psychonomic Bulletin and Review*. 2005. № 12(3). P. 466–471.
24. Juhasz B.J., White S.J., Liversedge S.P., Rayner K. Eye movements and the use of parafoveal word length information in reading // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 2008. № 34(6). P. 1560–1579.
25. Balota D.A., Pollatsek A., Rayner K. The interaction of contextual constraints and parafoveal visual information in reading // *Cognitive Psychology*. 1985. № 17(3). P. 364–390.
26. Williams C.C., Perea M., Pollatsek A., Rayner K. Previewing the neighborhood: The role of orthographic neighbors as parafoveal previews in reading // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 2006. № 32(4). P. 1072–1082.
27. Ляшевская О.Н., Шаров С.А. Частотный словарь современного русского языка (на материалах Национального корпуса русского языка). М.: Азбуковник, 2009. 1112 с.
28. Brihl D., Inhoff A.W. Integrating information across fixations during reading: The use of orthographic bodies and of exterior letters // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 1995. № 21(1). P. 55–67.
29. Inhoff A.W. Parafoveal word perception during eye fixations in reading: Effects of visual salience and word structure / *Attention and performance 12: The psychology of reading*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1987. P. 403–418.
30. Johnson R.L. The flexibility of letter coding: Nonadjacent letter transposition effects in the parafovea / *Eye movements: A window on mind and brain*. Amsterdam: Elsevier, 2007. P. 425–440.
31. Johnson R.L., Perea M., Rayner K. Transposed-letter effects in reading: Evidence from eye movements and parafoveal preview // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 2007. № 33(1). P. 209–229.
32. Алексеева С.В., Слюсарь Н.А., Чернова Д.А. StimulStat: база данных, охватывающая различные характеристики слов русского языка, важные для лингвистических и психологических исследований // *Материалы международной конференции по компьютерной лингвистике и интеллектуальным технологиям “Диалог 2015”, 2015 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.dialog-21.ru/digests/dialog2015/materials/pdf/AlexeevaSVSloussarNACHernovaDA.pdf> (дата обращения: 21.06.2016).*
33. Hohenstein S., Kliegl R. Eye movements and processing of semantic information in the parafovea during reading. Potsdam: Universitätsbibliothek der Universität Potsdam, 2014.
34. Четвериков А.А. Линейные модели со смешанными эффектами в когнитивных исследованиях // *Российский когнитивный журнал*. 2015. № 2(1). P. 41–51.
35. Bates D., Maechler M., Bolker B., Walker S. lme4: Linear mixed-effects models using Eigen and S4 / R package version. 2014.

## Экспериментальные предложения с частотностями праймов

№	Предложение в трех условиях (идентичное / совпадающее по длине / не совпадающее по длине)	Ч <sub>и</sub> (ipm)	Ч <sub>с</sub> (ipm)	Ч <sub>н</sub> (ipm)
Группа высокочастотных ключевых слов				
1	Новый управляющий <i>банка</i> (банка / барса / бампера) ввел штрафы за опоздание на работу.	178,1	3,9	3,7
2	Плакучие ивы росли у самого <i>берега</i> (берега / бекона / белоруса) тихой лесной реки.	164,7	1,1	3,8
3	В соревнованиях по греко-римской <i>борьбе</i> (борьбе / богине / богатыре) победил спортсмен из Ирана.	190,5	8,1	10,3
4	Братья выскочили из <i>вагона</i> (вагона / валега / вареника) поезда и помчались на вокзал за мороженым.	70,9	2,3	3,2
5	Покрытые снегом горные <i>вершины</i> (вершины / векторы / вездеходы) засверкали в лучах восходящего солнца.	62,6	12,8	3,9
6	После доставки <i>груза</i> (груза / грача / граната) судно задержится в порту на несколько дней.	45,7	2,3	2,5
7	На стене в спальне висела <i>картина</i> (картина / камбала / календула) в стиле постимпрессионизма.	183,9	1,1	0,7
8	После окончания седьмого <i>класса</i> (класса / клерка / кларнета) Андрей перешёл в математическую школу.	185,8	4,1	1,5
9	Авианосец возглавлял <i>колонну</i> (колонну / кочергу / кофеварку) из четырнадцати судов.	41,6	2,8	1,9
10	Лена сшила из <i>куска</i> (куска / купца / курорта) пестрой ткани платье для своей дочери.	76,8	12,5	12,8
11	Аня принесла из <i>кухни</i> (кухни / купли / кушетки) чайник с чаем и огромный шоколадный торт.	120,1	0,8	5,7
12	Марине нужно было купить литр <i>молока</i> (молока / мопеда / морехода) и десяток яиц.	57,4	0,8	1,0
13	Михаил уехал на две <i>недели</i> (недели / невежи / незадачи) в командировку в Москву.	242,2	0,5	1,3
14	Директор ждёт от <i>отдела</i> (отдела / отлова / отворота) продаж детального отчета о проделанной работе.	48,6	1,2	2,2
15	Тётя собирается в <i>отпуск</i> (отпуск / отклик / отросток) в Испанию на Канарские острова.	44,8	11,8	8,0
16	Максим помог соседке донести <i>пакеты</i> (пакеты / паромы / панорамы) с продуктами до квартиры.	65,8	4,4	6,5
17	Ирина пообещала <i>подруге</i> (подруге / повторе / покрывале) вернуть книгу через неделю.	79,4	3,7	7,1
18	Алина купила на распродаже зимние <i>сапоги</i> (сапоги / сажени / саботажу) с большой скидкой.	62,0	4,3	2,4
19	Галя покормила <i>собаку</i> (собаку / сонату / солонину) и пошла делать уроки по русскому языку.	132,2	3,8	0,4
20	В среду во Дворце <i>спорта</i> (спорта / спазма / спецназа) открывается турнир по настольному теннису.	58,5	3,9	10,2
21	Саша получил диплом первой <i>степени</i> (степени / статики / сторожихи) на конкурсе молодых музыкантов.	155,0	0,9	0,6
22	Кирилл проплыл 400 метров вольным <i>стилем</i> (стилем / стыком / стимулом) за 3 минуты 50 секунд.	91,4	6,3	10,8
23	На стеклянном журнальном <i>столике</i> (столике / стажёре / старовере) стояла изящная статуэтка.	60,0	1,9	1,0
24	Из-за погодных условий рейс из немецкой <i>столицы</i> (столицы / старинны / стремнины) задержали на два часа.	100,2	13,6	0,6
Группа назкокочастотных ключевых слов				
1	Рядом с речкой Егор нашел хатку <i>бобра</i> (бобра / бойца / ботинка) и гнездо тетерева.	2,6	41,5	39,1

2	После нескольких дней <i>затишья</i> (затишья / занятия / заседания) вновь пошел сильный снег.	3,9	92,1	96,7
3	Кольцо с бриллиантом в три <i>карата</i> (карата / канала / капитала) относится к высокой ценовой категории.	1,9	71,5	65,6
4	Стас играет в хоккей на <i>катке</i> (катке / камне / кармане) у торгового центра.	7,8	131,9	120,5
5	Созревшие плоды <i>кокоса</i> (кокоса / колена / коридора) весят в среднем 600 граммов.	1,0	102,8	110,8
6	У окна стояла девушка в белой <i>косынке</i> (косынке / корабле / командире) с крупными красными цветами.	4,9	112,5	110,9
7	Таня была в синей шерстяной <i>кофте</i> (кофте / корне / корпусе) и клетчатых брюках.	7,7	63,7	62,1
8	Пилот вывел самолет из <i>крена</i> (крена / крыла / кризиса) и благополучно приземлился.	3,1	67,6	53,2
9	Нина положила в грибной суп перловую <i>крупу</i> (крупу / крышу / красоту) и лавровый лист.	6,8	85,0	94,7
10	После стирки с отбеливателем пятно на <i>майке</i> (майке / марте / мастере) наконец-то исчезло.	15,0	88,1	100,8
11	Результат матча полностью зависит от <i>настроя</i> (настроя / наличия / нарушения) соревнующихся команд.	6,4	93,9	96,8
12	Лиза купила хлеб из <i>отрубей</i> (отрубей / отличий / отделений) вместо обыкновенного ржаного хлеба.	1,1	95,8	90,2
13	Бабушка хранит в <i>погребе</i> (погребе / потолке / помощнике) домашнее вино и банки с соленьями.	8,0	57,9	57,7
14	Летом кипарис нуждается в обильном <i>поливе</i> (поливе / поводе / половине) и ярком освещении.	1,9	151,2	158,8
15	Денис обнаружил на дне <i>пролива</i> (пролива / привета / препарата) затонувший корабль.	6,3	45,8	52,9
16	На бескрайней заснеженной <i>равнине</i> (равнине / расчете / работнике) не было никаких признаков людских поселений.	9,3	108,9	119
17	Все необходимое оборудование помещалось в <i>ранце</i> (ранце / рамке / расходе) за спиной инструктора.	1,9	110,6	90,2
18	Оригинальный механизм застежки <i>ремешка</i> (ремешка / ресурса / режиссёра) скрыт под корпусом часов.	4,3	98,7	103,5
19	В заключительной пятиминутной <i>репризе</i> (репризе / рекламе / ресторане) клоун достал из цилиндра игрушечного крокодила.	1,1	73,7	79,3
20	Мамин голос постепенно затерялся в <i>рокоте</i> (рокоте / романе / родителе) рыночной толпы	2,7	157,7	160,0
21	Молодожены заказали два <i>стейка</i> (стейка / стекла / студента) с овощами и красное сухое вино.	0,7	102,8	105,4
22	Над окном был самодельный желоб для <i>стока</i> (стока / стиха / стакана) дождевой воды.	5,2	157,0	72,8
23	Баба-Яга пролетела в <i>ступе</i> (ступе / стиле / старике) над избушкой на курьих ножках.	4,2	91,4	151
24	Перед отъездом Надя отвезла свою любимую <i>таксу</i> (таксу / тайну / таблицу) на дачу к родителям.	3,6	88,9	81,0

Обозначения:  $Ч_k$  – частотность ключевого слова / идентичного прайма;  $Ч_c$  – частотность совпадающего по длине прайма;  $Ч_n$  – частотность не совпадающего по длине прайма.

Приложение 2  
Результаты смешанных линейных моделей, построенных для каждой зависимой переменной

Основные модели	Место первой фиксации (fp)			(Log) Длительность первой фиксации (f1d)			(Log) Длительность единственной фиксации (s1d)			(Log) Время первого прохода (gzd)			(Log) Полное время прочтения (vrt)		
	b	SE	t	b	SE	t	b	SE	t	b	SE	t	b	SE	t
Интерсепт	0.489	0.025	19.57	5.714	0.038	149.15	5.741	0.039	146.48	5.796	0.038	150.90	5.920	0.041	145.58
Тип прайма1: ил*неид. кртк. (ТП1)	0.008	0.018	0.45	0.319	0.035	<b>9.03</b>	0.349	0.038	<b>9.23</b>	0.364	0.036	<b>10.03</b>	0.403	0.039	<b>10.09</b>
Количество наблюдений	576			573			491			571			576		
Тип прайма2: неид. кртк. неид. длин. (ТП2)	0.023	0.018	1.27	0.073	0.035	<b>2.06</b>	0.076	0.039	<b>1.97</b>	0.083	0.036	<b>2.29</b>	0.067	0.041	1.63
Частотность (Ч)	0.027	0.024	1.11	0.075	0.035	<b>2.17</b>	0.101	0.042	<b>2.42</b>	0.116	0.040	<b>2.87</b>	0.221	0.038	<b>5.70</b>
Пропуск n-1 (П)	-0.179	0.022	<b>-8.14</b>	0.099	0.037	<b>2.68</b>	0.094	0.044	<b>2.14</b>	0.072	0.041	1.73	0.078	0.041	1.89
Место первой фиксации (М)				1.819	0.418	<b>4.35</b>	0.594	0.494	1.20	-0.814	0.426	-1.91	-0.822	0.453	-1.81
Квадрат места первой фиксации (М2)				-1.232	0.375	<b>-3.28</b>	-0.819	0.434	-1.89	0.255	0.373	0.68	0.438	0.400	1.10
ТП1*М				1.941	0.907	<b>2.14</b>									
ТП2*М				-1.228	0.954	-1.29									
ТП2*М2				0.316	0.860	0.37									
ТП1*П				-1.634	0.875	-1.87									
ТП2*П															
Случайные эффекты:	Var	SD		Var	SD		Var	SD		Var	SD		Var	SD	
Участники	0.004	0.061		0.004	0.059		0.008	0.090		0.008	0.089		0.005	0.069	
предложения	0.011	0.107		0.028	0.166		0.026	0.160		0.025	0.159		0.030	0.174	
остатки	0.031	0.177		0.114	0.338		0.112	0.335		0.120	0.347		0.140	0.374	

Значимые эффекты выделены полужирным. Некоторые обозначения: «ид» – идентичный целевому слову прайм, «неид. кртк» – неидентичный визуально похожий на целевое слово прайм, совпадающий по длине с ключевым словом, «неид. длин.» – неидентичный визуально похожий на целевое слово прайм, не совпадающий по длине с ключевым словом; «пропуск n-1» – пропуск слова, стоящего перед целевым словом; обозначения внутри линейных моделей: «i» – тип прайма (два контраста: ТП1 и ТП2), «f» – частотность, «s1» – пропуск слова, стоящего перед целевым словом, «id» – тип прайма (два контраста: ТП1 и ТП2), «f» – частотность, «s1» – пропуск слова, стоящего перед целевым словом, «poly(fp,c,2)» – квадратичный и линейный компонент места первой фиксации, «id» – вариативность, связанная с участниками, «sp» – вариативность, связанная с предложениями.

**PARAFOVEAL PROCESSING IN READING: THE ROLE OF WORD LENGTH**

*Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Filologiya – Tomsk State University Journal of Philology*. 2017. 45. 5–29. DOI: 10.17223/19986645/45/1

Svetlana V. Alexeeva, Saint Petersburg State University (Saint Petersburg, Russian Federation). E-mail: mail@s-alexeeva.ru

Natalia A. Slioussar, National Research University Higher School of Economics (Moscow, Russian Federation), Saint Petersburg State University (Saint Petersburg, Russian Federation). E-mail: slioussar@gmail.com

**Keywords:** reading, eye tracking, parafoveal processing, length constraint hypothesis, word length, boundary paradigm.

This paper studies certain aspects of language processing during reading: it describes the role of word length information obtained by parafoveal vision. Which properties of a word are processed parafoveally (that is, before the eyes actually move to it) and how this information is used are among the least understood questions in reading studies. The authors' goal was to test the length constraint hypothesis (LCH) according to which parafoveally obtained information about word length is used for word recognition, namely, to constrain the set of possible lexical candidates for the word to be recognized. Opponents of the LCH assume that this information is important only to determine where to direct our eyes during the next saccade: the preferred landing position for word processing is slightly to the left of the center. The results of the previous experiments testing this hypothesis are controversial. In this paper, the authors address several problems identified in earlier studies in an eye-tracking experiment on Russian.

24 adult Russian speakers participated in the experiment. The authors used the gaze-contingent boundary paradigm. This method involves eye-tracking while participants are reading sentences. Before the reader's eyes cross a particular point in front of the target word (so-called invisible boundary), another word or pseudoword (a preview) is shown on the screen. The preview is replaced by the target word while the eyes are moving across this boundary. Visual information processing is suppressed during saccades, so the actual change is not noticed, but its effects can be measured. There were 48 target sentences in three conditions: previews of the same length as targets, longer previews (in both cases, previews were orthographically similar to targets) and previews identical to targets. In the second condition, previews were only two letters longer than targets to minimize the difference between landing positions in this condition and two other ones. The data about eye movements were collected using an SR Eyelink 1000 plus eye tracker system.

Statistical analysis using linear-mixed modeling revealed significant effects of length in the eye-tracking measures reflecting early processing stages: the first fixation duration, single fixation duration and gaze duration were longer in the longer-preview condition than in the same-length condition. Most previous studies used pseudowords as previews, while the authors used real words, which could make the length effect more pronounced. To make sure that this result was not due to a non-optimal landing position (if the lengths of the preview and the target differ, the eyes may be directed to a non-optimal viewing position in the target), the authors included initial landing position to the model as a covariate. Hence, the authors concluded that their findings support the LCH: the readers obtain the information about word length parafoveally and use this information not only to plan the next eye movement, but also for word recognition.

*References*

1. Rayner, K. (1998) Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychological Bulletin*. 124(3). pp. 372–422.
2. Schotter, E.R., Angele, B. & Rayner, K. (2012) Parafoveal processing in reading. *Attention, Perception, and Psychophysics*. 74(1). pp. 5–35. DOI: 10.3758/s13414-011-0219-2
3. Rayner, K. (2009) Eye movements and attention in reading, scene perception, and visual search. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*. 62(8). pp. 1457–1506. DOI: 10.1080/17470210902816461
4. Liversedge, S., Gilchrist, I. & Everling, S. (2011) *The Oxford handbook of eye movements*. Oxford: Oxford University Press.
5. Barabanshchikov, V.A. & Zhegallo, A.V. (2014) *Aytreaking: Metody registratsii dvizheniy glaz v psikhologicheskikh issledovaniyakh i praktike* [Eyetracking: Methods of recording eye movements in psychological research and practice]. Moscow: Kogito-tsentr.

6. McConkie, G.W. & Rayner, K. (1975) The span of the effective stimulus during a fixation in reading. *Perception and Psychophysics*. 17(6). pp. 578–586.
7. McConkie, G.W. & Rayner, K. (1976) Asymmetry of the perceptual span in reading. *Bulletin of the Psychonomic Society*. 8(5). pp. 365–368.
8. Rayner, K. & Bertera, J.H. (1979) Reading without a fovea. *Science*. 206(4417). pp. 468–469.
9. Rayner, K. (1975) The perceptual span and peripheral cues in reading. *Cognitive Psychology*. 7. pp. 65–81.
10. Rayner, K., McConkie, G.W. & Zola, D. (1980) Integrating information across eye movements. *Cognitive Psychology*. 12(2). pp. 206–226. DOI: 10.1016/0010-0285(80)90009-2
11. Jacobs, A.M. & Grainger, J. (1994) Models of visual word recognition: Sampling the state of the art. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 20(6). pp. 1311–1334.
12. Coltheart, M. et al. (2001) DRC: A dual route cascaded model of visual word recognition and reading aloud. *Psychological Review*. 108(1). pp. 204–256.
13. Morton, J. (1980) The logogen model and orthographic structure. In: Frith, U. (ed.) *Cognitive processes in spelling*. London: Academic Press.
14. McClelland, J.L. & Rumelhart, D.E. (1981) An interactive activation model of context effects in letter perception: I. An account of basic findings. *Psychological Review*. 88(5). pp. 375–407.
15. Seidenberg, M.S. & McClelland, J.L. (1989) A distributed, developmental model of word recognition and naming. *Psychological Review*. 96(4). pp. 523–568.
16. Kliegl, R. et al. (2004) Length, frequency, and predictability effects of words on eye movements in reading. *European Journal of Cognitive Psychology*. 16(1–2). pp. 262–284. DOI: 10.1080/09541440340000213
17. McDonald, S.A. (2006) Effects of number-of-letters on eye movements during reading are independent from effects of spatial word length. *Visual Cognition*. 13(1). pp. 89–98.
18. Rayner, K. (1979) Eye guidance in reading: fixation locations within words. *Perception*. 8(1). pp. 21–30.
19. Yan, M. et al. (2014) Eye movements guided by morphological structure: Evidence from the Uighur language. *Cognition*. 132(2). pp. 181–215. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cognition.014.03.008>
20. Inhoff, A. et al. (2003) Distinct subsystems for the parafoveal processing of spatial and linguistic information during eye fixations in reading. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology. Section A*. 56(5). pp. 803–827. DOI: 10.1080/02724980244000639
21. Haber, L.R., Haber, R.N. & Furlin, K.R. (1983) Word length and word shape as sources of information in reading. *Reading Research Quarterly*. 18(2). pp. 165–189. DOI: 10.2307/747516
22. Veldre, A. & Andrews, S. (2015) Parafoveal preview benefit is modulated by the precision of skilled readers' lexical representations. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 41(1). pp. 219–232. DOI: 10.1037/xhp0000017
23. White, S.J., Rayner, K. & Liversedge, S.P. (2005) The influence of parafoveal word length and contextual constraint on fixation durations and word skipping in reading. *Psychonomic Bulletin and Review*. 12(3). pp. 466–471. DOI: 10.3758/BF03193789
24. Juhasz, B.J. et al. (2008) Eye movements and the use of parafoveal word length information in reading. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 34(6). pp. 1560–1579. DOI: 10.1037/a0012319
25. Balota, D.A., Pollatsek, A. & Rayner, K. (1985) The interaction of contextual constraints and parafoveal visual information in reading. *Cognitive Psychology*. 17(3). pp. 364–390.
26. Williams, C.C. et al. (2006) Previewing the neighborhood: The role of orthographic neighbors as parafoveal previews in reading. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 32(4). pp. 1072–1082. DOI: 10.1037/0096-1523.32.4.1072
27. Lyashevskaya, O.N. & Sharov, S.A. (2009) *Chastotnyy slovar' sovremennogo russkogo yazyka (na materialakh Natsional'nogo korpusa russkogo yazyka)* [Frequency Dictionary of Modern Russian language (on materials of the Russian National Corpus)]. Moscow: Azbukovnik.
28. Brihl, D. & Inhoff, A.W. (1995) Integrating information across fixations during reading: The use of orthographic bodies and of exterior letters. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 21(1). pp. 55–67.
29. Inhoff, A.W. (1987) Parafoveal word perception during eye fixations in reading: Effects of visual salience and word structure. In: Coltheart, M. (ed.) *Attention and performance 12: The psychology of reading*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.



30. Johnson, R.L. (2007) The flexibility of letter coding: Nonadjacent letter transposition effects in the parafovea. In: Gompel, R.P.G. van. (ed.) *Eye movements: A window on mind and brain*. Amsterdam: Elsevier.
31. Johnson, R.L., Perea, M. & Rayner, K. (2007) Transposed-letter effects in reading: Evidence from eye movements and parafoveal preview. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 33(1). pp. 209–229.
32. Alexeeva, S.V., Slioussar, N.A. & Chernova, D.A. (2015) [StimulStat: database covering various characteristics of Russian words that are important for linguistic and psychological research]. *Dialog 2015*. Proceedings of the International Conference on computer linguistics and intellectual technologies. [Online] Available from: <http://www.dialog-21.ru/digests/dialog2015/materials/pdf/AlexeevaSVSlioussarNACHernovaDA.pdf>. (Accessed: 21st June 2016). (In Russian).
33. Hohenstein, S. & Kliegl, R. (2014) *Eye movements and processing of semantic information in the parafovea during reading*. Potsdam: Universitätsbibliothek der Universität Potsdam.
34. Chetverikov, A.A. (2015) Linear Mixed Effects Regression in Cognitive Studies. *Rossiyskiy zhurnal kognitivnoy nauki – Russian Journal of Cognitive Science*. 2(1). pp. 41–51. (In Russian).
35. Bates, D. et al. (2014) *lme4: Linear mixed-effects models using Eigen and S4*. R package version.