

С.В. Алексеева  
СПбГУ, Санкт-Петербург

**Механизмы распознавания букв в слове**  
(экспериментальное исследование на материале  
русского языка)

Данная работа посвящена проблеме распознавания букв в символической последовательности, которая играет важную роль для понимания процесса чтения. В описанном эксперименте носители русского языка должны были как можно быстрее найти заданную букву в последовательности из пяти символов. Анализ времени реакции показал, что (1) буквы распознаются быстрее в настоящих словах по сравнению со случайной последовательностью букв; (2) в первой позиции скорость реакции при опознании буквы статистически меньше, чем в остальных позициях; (3) то, какую букву необходимо найти, влияет на время реакции.

**Ключевые слова:** *визуальное распознавание слов, задача на поиск букв в слове, чтение, русский язык, экспериментальное исследование*

This article describes an experimental study in which Russian speakers were asked to perform a simple visual search task involving Cyrillic letters. Results show that (1) letters were processed faster in real words than in non-words; (2) detection latencies were relatively short for the beginning of letter arrays and increased left to right; (3) letter quality influences reaction time. The result has implications for word recognition and reading.

**Keywords:** *visual word recognition, letter-search task, reading, Russian language*

*Введение*

Визуальное распознавание слов — одна из центральных тем в области исследования процессов чтения. Экспериментальные методики, используемые психолингвистами в данной сфере (среди них задача лексического выбора, регистрация движения глаз, сканирование массива букв и др.) позволяют исследователям раскрыть неосознаваемые людьми механизмы,

лежащие в основе такой сложной когнитивной деятельности, как чтение (Seidenberg & McClelland, 1989).

Некоторые проблемы этой области хорошо исследованы на материале языков с латинским алфавитом (Reicher, 1989) (Hammond & Green, 1982) (Altmann, 1997) (Davis & Bowers, 2006) (Besner & Smith, 1992) (Coltheart, Rastle, Perry, Langdon, & Ziegler, 2001) (McClelland & Rumelhart, 1981) (Seidenberg & McClelland, 1989) и др., есть работы для арабской письменности (Randall, 2009) (Randall & Meara, 1988), а для кириллической такие работы по большей части отсутствуют. В данной статье мы приведем результаты предварительного эксперимента, описывающие некоторые механизмы визуальной обработки слов носителями русского языка.

Из всего массива работ остановимся подробно на нескольких статьях, посвященных распознаванию букв при визуальной обработке буквенных последовательностей. В 1982 г. Э. Хаммонд и Д. Грин (Hammond & Green, 1982) создали оригинальную методику поиска букв в строке для изучения визуальной обработки слов. Она заключалась в следующем: перед испытуемым на дисплее появлялся символ (буква или фигура<sup>1</sup>), за которым следовала строка из пяти знаков; испытуемый должен был как можно скорее нажать кнопку «да», если данный символ содержался в строке, и кнопку «нет» в противном случае. Время реакции участников эксперимента фиксировалось.

Сравнивая распознавание буквы в буквенной последовательности и фигуры в массиве фигур, ученые показали, что эти процессы протекают по-разному. В первом случае меньше всего времени тратится на первую позицию, а со второй позиции время реакции растет слева направо по большей части линейно, хотя и слегка сокращаясь в середине (на третьей позиции) и в конце (на пятой позиции). Таким образом, функцию сканирования массива букв можно представить в виде «U-образной» кривой. Что касается фигур, то быстрее всего испытуемые реагируют на целевой символ, если он стоит в середине последовательности. От середины время возрастает по направлению к обоим концам массива, так что медленнее всего распознаются знаки, стоящие на концах последовательности. В этом случае стратегию поиска можно описать в виде «U-

<sup>1</sup> Полумесяц, круг, квадрат, треугольник и др.

образной» кривой. Кроме того, было зафиксировано, что в целом буквы распознаются быстрее, чем фигуры.

Во втором исследовании Д. Грин, Э. Хаммонд и С. Супрамамян выяснили, что эти две различных стратегии имеются также и у детей 5 и 7 лет. Как видно из рисунка, приведенного в (Green, Hammond, & Supramamian, 1983, стр. 14), разница по сравнению со взрослыми лишь в том, что с возрастом сокращается время реакции, а способ поиска символов существенно не отличается (см. рис 1).

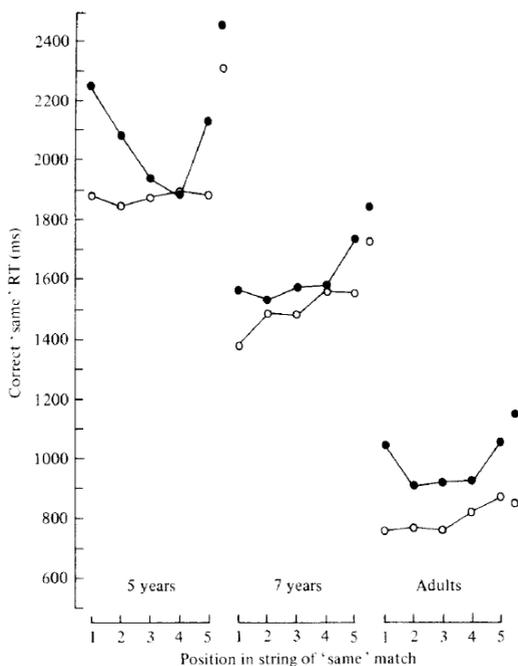


Рис. 1 Зависимость среднего времени поиска буквы (белые круги) или фигуры (черные круги) от ее позиции в пятибуквенной последовательности носителями английского языка в группах детей 5 лет, 7 лет и взрослых. Изолированные круги обозначают среднее время реакции при отсутствии целевого стимула в строке.

Ученые считают, что минимальное время реакции в первой позиции обусловлено системой письма английского языка, где слова пишутся слева направо. Возрастание времени реакции от начала к концу последовательности объясняется тем, что одновременно с поиском целевой буквы происходит также

вычленение порядка следования остальных букв и удержание в памяти ее позиции по отношению к остальным просмотренным. Такой вывод обусловлен результатами эксперимента по распознаванию цифр в последовательности цифр, также осуществленном Э. Хаммондом и Д. Грин (Hammond & Green, 1982). Цифры, как и буквы, начинают распознаваться с первой позиции (в этом месте время реакции минимально), а дальнейшая функция поиска выглядит так же, как и для букв, и представляет собой «М-образную» кривую. Для чисел, как и для слов, важен внутренний порядок следования символов, поэтому стратегия поиска в этом случае отличается от стратегии поиска фигур, где распознавание начинается с позиции 3, равноудаленной от обоих концов последовательности.

Такой же эксперимент был проведен М. Ренделлом и П. Мереа для арабского языка. Как видно из рисунка, приведенного в (Randall & Meara, 1988, стр. 141), при распознавании букв носители арабского языка используют стратегию, с помощью которой носители английского языка распознают фигуры, т.е. с функцией поиска в виде «U-образной» кривой (см. рис. 2). Фигуры распознаются одинаково носителями обоих языков.

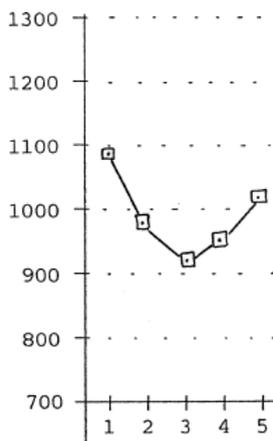


Рис. 2 Зависимость среднего времени поиска буквы (мс) от ее позиции в пятибуквенной последовательности носителями арабского языка.

Ученые не дают четкого объяснения тому, почему у носителей арабского языка стратегии поиска букв и фигур совпадают, однако высказывают 3 гипотезы: (1) арабские буквы не содержат избыточных характеристик в отличие от латинских символов, что заставляет читателей внимательно рассматривать каждую букву, так, как это происходит при распознавании фигур; (2) система арабского письма радикально отличается от латинской письменности тем, что на письме отображаются только согласные, и это, возможно, объясняет различие; (3) морфология арабского языка существенно отличается от морфологии большинства европейских языков, где слова имеют простую структуру «корень + аффикс» (Randall & Meara, 1988, стр. 144).

Поскольку русский и английский языки имеют сходную систему письма и структуру слов, можно ожидать, что способ распознавания букв в символьных последовательностях в русском языке будет таким же, как в английском.

С другой стороны, с точки зрения изучения процессов чтения интересно также проверить, изменится ли стратегия распознавания, если помимо параметра «позиция искомой буквы в последовательности символов» варьировать также такие параметры, как тип строки (настоящее слово или случайная последовательность букв), а также то, какую именно букву испытываемому предлагается найти в последовательности. Чтобы ответить на эти вопросы, мы провели эксперимент по распознаванию букв в слове на материале русского языка. Подробное описание эксперимента и полученные результаты представлены ниже.

### **Эксперимент**

#### *Процедура*

Для привлечения большего количества пользователей было принято решение проводить эксперимент онлайн. Для этого был создан сайт (obegga.ru), где каждому участнику была доступна инструкция. В ней говорилось, что при нажатии на кнопку «Начать эксперимент» участник увидит букву<sup>2</sup> и строку из пяти букв, после чего ему нужно будет как можно скорее нажать мышкой на кнопку «Да», если строка содержит букву. В обратном случае необходимо немного подождать, пока не

<sup>2</sup> Экспериментов с фигурами проведено не было.

появится новый стимул. Размер буквы — 44 кегль, строки — 14 кегль (так, как обычно люди видят текст на экране компьютера). Шрифт — Times New Roman, один из наиболее привычных для пользователей компьютера шрифтов. Весь эксперимент умещался в один блок продолжительностью около двух минут, смена стимулов происходила через 2 секунды, безотносительно того, успел ли испытуемый нажать на кнопку или нет (межстимульный интервал был выбран довольно маленьким, поскольку нам было важно, чтобы испытуемые не имели возможности долго думать над стимулами). При нажатии кнопки фиксировалось время реакции и количество ошибок.

По окончании эксперимента участнику предоставлялась анкета, где он мог по желанию указать имя, пол и возраст. Перед экспериментом испытуемый имел возможность потренироваться.

#### *Дизайн и материал*

В эксперименте было исследовано 3 внутрисубъектных фактора: позиция искомой буквы в строке (5 уровней); тип строки: случайная последовательность букв или настоящее слово (2 уровня); буква русского алфавита (33 уровня). Мы ограничились 66 стимулами (а не  $660 = 33 \text{ буквы} * 5 \text{ позиций} * 2 \text{ типа строки} * 2 \text{ наличие/отсутствие буквы в слове}$ ), чтобы по возможности сократить время прохождения эксперимента и увеличить вероятность того, что участник не закроет вкладку, прежде чем закончится эксперимент. Набор стимулов формировался следующим образом: (1) случайно выбиралась буква; (2) случайным образом определялось, будет ли буква содержаться в последовательности; (3) случайно выбиралась позиция, если на предыдущем шаге было определено, что буква содержится в слове; (4) случайно определялось, будет это настоящее слово или случайная последовательность букв. В первом случае программа случайно выбирала одну из словоформ, представленных в разделе «Частоты» на сайте Национального корпуса русского языка<sup>3</sup> (всего в списке содержалось 888958 словоформ). Во втором случае случайным образом генерировалась последовательность из пяти букв русского языка (при обработке данных проводился дополнительный анализ сгенерированных словоформ: проверялось то, не получилось ли при случайной генерации настоящее слово). Выбор настоящих

<sup>3</sup> <http://ruscorpora.ru/corpora-freq.html>

слов и генерация случайной последовательности символов проходила с учетом предыдущих трех шагов.

#### *Участники*

Всего в эксперименте приняло участие 155 человек. После предварительной обработки данных — отбора участников, правильно ответивших на более чем 80% стимулов, — из анализа пришлось исключить данные 11 человек (8 испытуемых до конца не прошли эксперимент, у троих оказалась низкая точность). Из отобранных участников 11% составили женщины, 35% — мужчины, 54% не указали свой пол. Статистика по возрасту: 10% — 16-20 лет, 62% — 21-30 лет, 5% — 31-40 лет, 7% — 41-50 лет, 3% — более 50 лет, 13% — не указали.

#### *Анализ и результаты*

В анализе использовались данные (время реакции) от стимулов, в которых искомая буква содержалась в строке. Таким образом было получено 4683 ответа от 144 участников при средней точности 97%. На предварительном этапе были удалены выбросы (слишком быстрые и слишком медленные реакции)<sup>4</sup>. Выбросы составили 4,6% от всех данных.

Расчет 1. На первом этапе мы провели двухфакторный дисперсионный анализ с повторами (repeated ANOVA) по участникам, где исследовали влияние двух параметров — типа строки (2 уровня: случайная последовательность букв и настоящие слова) и позиции буквы (5 уровней: с 1 по 5 позицию) — на время реакции. Для этого из имеющихся данных мы отобрали всех участников (92 человека), у которых присутствовали комбинации по всем уровням исследуемых факторов<sup>5</sup>. После успешной проверки на нормальность и разброс значений относительно среднего в каждой группе дисперсионный анализ показал значимость как фактора «позиция» ( $F = 21,197$ ,  $p < 0,005$ ), так и фактора «тип строки» ( $F = 22,661$ ,  $p < 0,005$ ), но не их взаимодействия. Таким образом было установлено, что испытуемые значимо быстрее реагировали на букву в настоящем слове, чем в случайной последовательности букв, по всем позициям. При дальнейшем попарном сравнении по среднему Тьюки было определено, что время в первой позиции

<sup>4</sup> Выбросы вычислялись исходя из значений первой ( $q_1$ ) и третьей ( $q_3$ ) квартилей по формуле  $q_1 - k*(q_3 - q_1)$ ,  $q_3 + k*(q_3 - q_1)$ , где  $k = 1,5$ .

<sup>5</sup> При наличии более чем одного стимула для одной комбинации мы брали среднее время реакции по всем таким случаям.

статистически значимо отличается от всех остальных позиций (как в настоящем слове, так и в случайной последовательности букв), в то время как в остальных позициях такой значимости обнаружено не было (см. рис. 3). При дальнейшем анализе графика можно предположить, что, как и в английском языке, время распознавания букв растет по большей части линейно от первой позиции к последней.

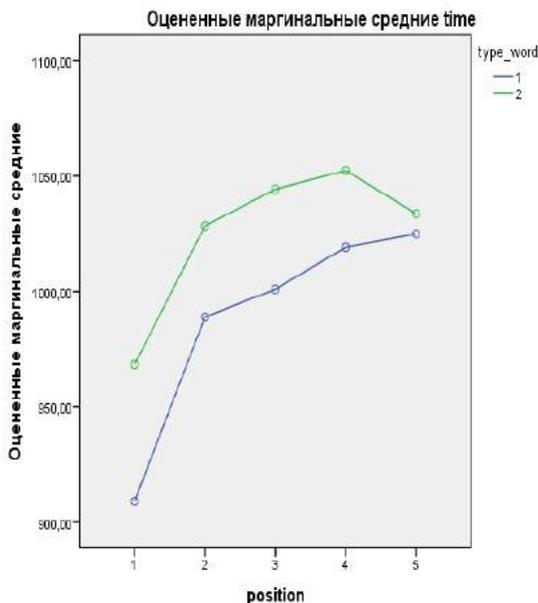


Рис. 3 Зависимость среднего времени поиска буквы от позиции ее нахождения в слове (синяя линия) или случайная последовательность букв (зеленая линия) носителями русского языка. Изолированные кружочки обозначают среднее время реакции при отсутствии целевого стимула в строке.

Расчет 2. На втором этапе мы провели дисперсионный анализ смешанного типа с повторами (Repeated three-way ANOVA, Mixed Model) по трем факторам: позиция (5 уровней: с 1 по 5 позицию), тип строки (2 уровня: случайная последовательность букв и слова) и буква (33 уровня: 33 буквы русского алфавита). Он позволяет определять значимость факторов при отсутствии некоторых значений по комбинациям факторов (Enders, 2011). Данная статистика позволила нам использовать весь полученный

материал. В результате мы получили, что при поиске буквы на время распознавания значимо влияют все три фактора, но не их взаимодействие. Дальнейший анализ показал, что быстрее всего распознаются буквы *ё, о, ф, с*; медленнее всего — *ц, ш, ь, ы*; для остальных букв время реакции соизмеримо. Сравнив данные показатели с количеством ошибок (в случае, когда буквы в слове не было, а испытуемый считал, что она есть), мы обнаружили, что у большинства самых «быстрых» букв меньше всего ошибок (1% — *о*, 2% — *ё, с*), а у самых «медленных» — больше всего (15% — *ь*, 10% — *ц*, 9% — *ш*).

Все расчеты выполнялись при помощи статистического пакета SPSS.

#### *Обсуждение полученных результатов*

В результате проведенного эксперимента мы установили, что на время распознавания букв в пятибуквенной строке влияет: (1) тип строки — настоящее это слово или случайная последовательность букв; (2) позиция буквы в слове; (3) то, какую именно букву необходимо найти. Обнаружив статистически значимое увеличение по времени распознавания буквы в случайной последовательности букв по сравнению с реальным словом, мы подтвердили действие так называемого эффекта превосходства слова (*word-superiority effect*) для русского языка, описанный ранее на материале других языков (Reicher, 1989)(McClelland & Rumelhart, 1981): визуальная обработка при чтении происходит быстрее для настоящих слов, чем для случайных последовательностей букв.

В русском языке время реакции растет слева направо по большей части линейно, являясь минимальным в первой позиции. Следовательно, как мы и предполагали, стратегия распознавания для русского языка скорее похожа на английский вариант, чем на арабский. Кроме того, в нашем эксперименте получилось, что перцептивно выделенной является первая позиция. Таким образом, можно утверждать, что визуальная обработка слов при чтении начинается именно с данной позиции.

Довольно интересный результат мы получили в отношении букв. По нашим данным, буквы *ё, о, ф, с* распознаются значимо быстрее, а *ц, ш, ь, ы* — медленнее; также почти для всех букв первого набора уровень ошибок при распознавании наименьший, а для второго — наибольший. Из этого может следовать, что

одним из механизмов визуальной обработки слов при чтении является идентификация отдельной буквы в последовательности. Например, буква ё в Частотном словаре О. Ляшевской и С. Шарова (Ляшевская & Шаров, 2009) имеет наименьший ранг (она реже всего используется в текстах из-за использования вместо нее буквы е), но, с другой стороны, в русском языке на нее всегда падает ударение. В нашем эксперименте она входит в группу «самых быстрых» и «самых точных» букв, поэтому можно предполагать, что при распознавании слов при чтении носителям русского языка важно, где в слове стоит ударение. Другим объяснением может служить то, что только буква ё обладает выносным элементом в виде двух точек, который является перцептивно значимым. Данные гипотезы мы предполагаем проверить в дальнейшем.

### Литература

1. Ляшевская, О. Н., & Шаров, С. А. (2009). *Частотный словарь современного русского языка (на материалах Национального корпуса русского языка)*. М.: Азбуковник.
2. Altmann, G. T. (1997). *The Ascent of Babel: An Exploration of Language, Mind and Understanding*. В G. T. Altmann. Oxford, UK: OUP Oxford.
3. Besner, D., & Smith, M. C. (1992). Models of Visual Word Recognition: When Obscuring the Stimulus Yields a Clearer View. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 18(3), 468-482.
4. Coltheart, M., Rastle, C., Perry, C., Langdon, R., & Ziegler, J. (2001). DRC: A Dual Route Cascaded Model of Visual Word Recognition and Reading Aloud. *Psychological Review*, 108(1), 205-256.
5. Davis, C. J., & Bowers, J. S. (2006). Contrasting Five Different Theories of Letter Position Coding: Evidence From Orthographic Similarity Effects. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, Vol. 32, №3, 513-557.
6. Davis, C. J., Perea, M., & Acha, J. (2009). Re(de)fining the Orthographic Neighborhood: The role of Addition and Deletion Neighbors in Lexical Decision and reading. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, vol. 3, №5, 1550-1570.

7. Enders, C. K. (2011). Missing not at random models for latent growth curve analyses. *Psychological Methods*, 16, 1-16.
8. Grainger, J. (1990). Word Frequency and Neighborhood Frequency Effects in Lexical Decision and Naming. *Journal of memory and language*, 29, 228-244.
9. Grainger, J., & Jacobs, A. M. (1996). Orthographic Processing in Visual Word Recognition: A multiple Read-Out Model. *Psychological Review*, 518-565.
10. Green, D., Hammond, E., & Supramamian, S. (1983). Letters and shapes: development changes in search strategies. *British Journal of Psychology*, 74, 11-17.
11. Hammond, E., & Green, D. (1982). The detection of targets in letter and non-letter arrays. *Canadian Journal of Psychology*, 36, 67-82.
12. McClelland, J. L., & Rumelhart, D. E. (1981). An Interactive Activation Model of Context Effects in Letter Perception: Part 1. An account of Basic Findings. *Psychological Review*, 88(5), 375-407.
13. Morton, J. (1969). Interaction of information in word recognition. 76(2), 165-178.
14. Paap, K. R., Newsome, S. L., McDonald, J. E., & Schvaneveldt, R. W. (1982). An Activation-Verification Model for Letter and Word Recognition: The Word-Superiority Effect. *Psychological Review*, 89(5), 573-594.
15. Randall, M. (2009). Word Recognition, Psycholinguistics and Teaching Second Language Reading. B D. Anderson, & M. McGuire, *Cultivating Real Readers: Emerging theory and practice for adult Arab learners* (срп. 13-23). HCT Press.
16. Randall, M., & Meara, P. (1988). How arabs read Roman letters. *Reading in a Foreign Language*, 4(2), 133-145.
17. Reicher, G. M. (1989). Perceptual recognition as a function of meaningfulness of stimulus material. (280, Ред.) *Journal of experimental psychology*, 81(2), срп. 275.
18. Seidenberg, M. S., & McClelland, J. L. (1989). A distributed, developmental model of word recognition and naming. *Psychological Review*, 96, 523-568.