

## Огубленность безударных гласных в русской речи

© 2020

Даниил Александрович Кочаров<sup>@</sup>

Ульяна Евгеньевна Кочеткова

Санкт-Петербургский государственный университет,

Санкт-Петербург, Россия; <sup>@</sup>kocharov@phonetics.pu.ru

**Аннотация:** В русской речи отмечена тенденция к огублению безударных неогубленных гласных под влиянием соседних огубленных гласных. В связной речи в предударной части слова происходит своеобразная губная гармония гласных, при которой безударный аллофон неогубленной фонемы перед безударным же огубленным тоже произносится как огубленный. Сходная «гармония» отмечается и в заударной части. Данное явление может в перспективе оказать влияние на фонологическую систему русского языка. Для определения характера такого влияния было проведено исследование того, какие контекстные, комбинаторные и супraseгментные факторы влияют на процесс огубленности, и какого рода артикуляция происходит в этих случаях. В качестве экспериментального метода использовалась технология электромагнитной артикулографии в сопровождении с акустическим анализом речевого сигнала. Эксперименты проводились на материале чтения специально подготовленных фраз, учитывавших различные лингвистические факторы, которые потенциально могут влиять на ассимилятивную огубленность. Проведенный анализ данных по дистантной коартикуляции гласных показывает, что в тех случаях, когда в безударной позиции произносится гласный /u/, губы начинают двигаться заранее, что затрагивает произносящиеся перед ним не только согласные, но и безударные гласные. Возникает коартикуляция безударных гласных, при этом находящиеся между гласными негубные согласные практически не оказывают влияния на этот процесс. Полученные в настоящем исследовании результаты показывают, что первая и вторая степени редукции гласного /a/ различаются артикуляционной сопротивляемостью по отношению к влиянию безударных огубленных гласных, а именно тем, что гласный аллофон первой степени редукции, в отличие от аллофона второй степени редукции, не ассимилируется в результате коартикуляционного движения, возникающего при произнесении последующего /u/. Воздействие огубленности может проявляться в характеристиках гласных и согласных звуков на расстоянии до трех слогов от огубленного гласного, невзирая на границы слов.

**Ключевые слова:** вокализм, лабиализация, русский язык, ударение, фонетика

**Благодарности:** Исследование выполнено при поддержке гранта РФФИ 18-012-00767 «Огубленность и ее потеря в разных типах речи».

**Для цитирования:** Кочаров Д. А., Кочеткова У. Е. Огубленность безударных гласных в русской речи.

*Вопросы языкознания*, 2020, 6: 31–47.

DOI: 10.31857/0373-658X.2020.6.31-47

## Rounding of unstressed vowels in Russian

Daniil A. Kocharov<sup>@</sup>

Uliana E. Kochetkova

Saint Petersburg State University, St. Petersburg, Russia; <sup>@</sup>kocharov@phonetics.pu.ru

**Abstract:** A certain type of rounding vowel “harmony” occurs in Russian when an unstressed allophone of an unrounded phoneme is pronounced as rounded before an unstressed rounded phone in a pretonic part of the word. A similar “harmony” is observed in the post-tonic part as well. This phenomenon

may have an impact on the phonological system of the Russian language in the future. An experimental study was carried out to determine what contextual, combinatorial and suprasegmental factors affect the process of rounding, what kind of articulation occurs in these cases. The technology of electromagnetic articulography together with acoustic analysis of the speech signal was used as an experimental method. The experiments were based on reading specially prepared phrases accounting for various linguistic factors that could potentially affect assimilative rounding. The analysis of data on distant vowel coarticulation shows that when a vowel /u/ is pronounced in an unstressed position the lips begin to move in advance, which affects both consonants and unstressed vowels pronounced before it. It results in coarticulation of unstressed vowels, while non-labial consonants between the vowels have practically no effect on this process. Our results show that the first and the second degrees of reduction of the vowel /a/ differ in articulatory resistance to the influence of rounded vowels, namely that the allophone of the first degree of reduction, unlike that of the second degree of reduction, is not assimilated as a result of the coarticulation movement that occurs when pronouncing subsequent /u/. The anticipatory rounding may be up to three syllables long and go across word boundaries.

**Keywords:** labialization, phonetics, Russian, stress, vowels

**Acknowledgements:** The work was supported by Russian Science Foundation (project No. 18-012-00767)

“Rounding and unrounding in different speaking styles”.

**For citation:** Kocharov D. A., Kochetkova U. E. Rounding of unstressed vowels in Russian. *Voprosy Jazykoznanija*, 2020, 6: 31–47.

**DOI:** 10.31857/0373-658X.2020.6.31-47

## Введение

С точки зрения исторического развития в русском языке наблюдается переход от более напряженной артикуляционной базы к менее напряженной [Касаткин 1989]. Л. Л. Касаткин пишет о том, что в ходе исторического развития русского языка происходил ряд фонетических процессов, которые постепенно уменьшали напряженность артикуляционной базы. В современном русском языке в области произношения гласных это выражается в возможной потере огубленности безударными /u/ в некоторых условиях, как, например, при произнесении [zɪɫna'ɫist] вместо [zurna'ɫist] в слове *журналист* [Каленчук и др. 2012: 941]. Однако есть и обратная тенденция: появление огубленности у безударных гласных [a] под влиянием соседних огубленных гласных [Пауфошима 1980; Бондарко 1998: 266; Князев 2001; Каленчук и др. 2012: 942]. Л. В. Бондарко [1998: 266] отмечала, что в связной речи в предударной части слова происходит «своеобразная губная гармония гласных», приводящая к огублению безударного неогубленного гласного, если следующий за ним безударный гласный является огубленным. Например, замена безударного /a/ на /u/ в словах *голубому* и *факультет*, где произносится [gulu'bomu] вместо [gəlu'bomu] и [fukuli'tet] вместо [fəkuɫi'tet]. В целом огубленность гласного ведет к увеличению напряженности органов артикуляции. Однако можно предположить, что в данном случае она способствует единообразному произнесению безударной части слова, что облегчает произнесение. С фонетической точки зрения важным представляется вопрос о том, какие контекстные и комбинаторные факторы влияют на процесс огубленности: в каких случаях огубленность гласных более вероятна, в каких — менее. С артикуляционной точки зрения исследовательский вопрос заключается в том, как произносится безударная часть слова, в которой происходит ассимилятивная огубленность гласных.

Лингвисты занимались описанием артикуляционных, акустических и перцептивных характеристик гласных фонем русского языка с середины XIX в. [Богородицкий 1882; 1887; Щерба 1912; Аванесов 1950; 1974; Чистович (ред.) 1965; Панов 1967; Fant 1970; Матусевич 1976; Зиндер 1979; Скалозуб 1979, Бондарко 1998; Crosswhite 2000]. Наиболее полное и системное описание артикуляции звуков русского языка до настоящего

времени представлено в работе Л. Г. Скалозуб. Это исследование было выполнено с использованием наиболее совершенного для того времени метода кинорентгенографирования речи, позволявшего делать снимки речевого тракта с частотой 24 кадра в секунду, т. е. раз в 40 мс, хотя сейчас такое временное разрешение нельзя считать качественным, так как в спонтанной речи звуки могут быть и короче 40 мс. В работе Скалозуб обобщены результаты, полученные при сопоставительном исследовании артикуляции согласных /t/, /tʰ/, /k/, /kʰ/ и гласных /a/, /i/ в разных словах и комбинациях. Однако в настоящем исследовании данные Скалозуб не могут быть использованы, поскольку артикуляция огубленных гласных в ее работе не учитывалась. В последние годы группа исследователей под руководством Г. Е. Кедровой и Л. М. Захарова занимается изучением русской артикуляции при помощи функциональной магнитно-резонансной томографии. В опубликованных результатах исследований приводятся новые уточненные данные о положении органов артикуляции при произнесении гласных и согласных русского языка [Кедрова и др. 2003; 2007]. При этом артикуляция звуков русской речи исследуется в статике, что так же, как и в предыдущем случае, исключает возможность использования этих данных в настоящем анализе, который предполагает изучение динамической коартикуляции между гласными.

Интерес современных исследователей обращен и к изучению артикуляции ряда согласных русского языка в различных контекстах, как, например, в работах М. Пуплиер и А. Кочетова, посвященных артикуляционному таймингу в консонантных кластерах и артикуляционной реализации дифференциального признака мягкости согласных [Kochetov, Howson 2015; Poupplier et al. 2017; Stoll 2017].

Исследованию огубленности в русской речи посвящен один из разделов работы Л. А. Чистович с коллегами [Чистович (ред.) 1965: 126–132]. Огубленность изучалась при помощи измерения сопротивления между электродами, расположенными на нижней губе, с целью обнаружения слоговой границы в звукосочетаниях типа  $СГС_1С_2ГС$ , где  $С$  — это согласный, а  $Г$  — гласный. При этом сравнивалось начало огубленности в последовательностях  $СГССГС$  и  $СГСГС$ . Для этого были отобраны двусложные осмысленные слова, а также составлены псевдослова. Результаты, полученные на материале такого рода «слов», показали, что разницы в губной артикуляции между двумя этими типами звукосочетаний нет, и губная артикуляция начинается сразу же после окончания первого гласного. Это доказывало то, что артикуляторный слог в русской речи — открытый, т. е. заканчивается после гласного. Авторы исходили из предположения о совпадении начала губной артикуляции с началом артикуляторного слога. С одной стороны, эти данные нельзя использовать при решении вопроса о губной коартикуляции гласных. С другой стороны, это исследование еще раз доказывает то, что артикуляция согласных не оказывает сильного влияния на движения губ, и, следовательно, согласные не мешают губной коартикуляции гласных.

Коартикуляция гласных, также как и огубленность, вызывает активный интерес исследователей с середины 1960-х гг. начиная с работы Омана, в которой анализ движения формант гласных в звукосочетаниях  $Г_1СГ_2$  на материале английского, русского и шведского языков [Öhman 1965] свидетельствует о влиянии  $Г_2$  на артикуляцию  $Г_1$ <sup>1</sup>.

В целом ряде исследований на материале различных языков было показано, что коартикуляция гласных зависит от множества факторов: языка [Boyce 1990; Chiu et al. 2015], качества гласных и находящихся между ними согласных [Recasens 2002], просодического контекста [Cho 2004], а также от социальных характеристик говорящего, например возраста [Rubertus, Noiray 2018]. Кроме того было показано, что даже в языках, в которых

<sup>1</sup> Стоит заметить некорректность данных для русского языка, т. к. для него Оман сравнивал последовательности типа /ædʲi/ и /ædi/, где в первую очередь надо говорить не о влиянии второго гласного на первый, а о влиянии на первый гласный мягкости последующего согласного, которое, как известно, существует [Бондарко 1998: 79].

сингармонизм гласных отсутствует, возможно появление дистантной коартикуляции гласных [Grosvald 2010; Ahmed, Grosvald 2018].

Первым артикуляторным исследованием огубленности при коартикуляции гласных можно считать работу Дж. Перкелла, посвященную измерению времени начала огубленности в звуко сочетаниях  $\Gamma_{\text{неогубленный}}C^*U$ , в которых могло быть разное количество переднеязычных согласных ( $C^*$ ) между неогубленным гласным и гласным /u/, на материале английского языка [Perkell 1986]. Данное исследование показало, что движение губ начинается еще до конца фонации первого гласного и количество согласных не влияет на этот процесс.

Д. Рекасенс на материале испанского языка исследовал подверженность и сопротивляемость артикуляции гласных воздействию соседних гласных. В своих работах он выстроил гласные по степени подверженности ассимилятивному влиянию (от наименее подверженных к наиболее подверженным) следующим образом: /i/, /e/ > /a/ > /o/, /u/ [Recasens 2002; Rodriguez, Recasens 2017]. Оказалось, что испанские огубленные гласные /o/, /u/ артикуляционно наиболее сильно ассимилируются с соседними гласными. В отношении русского языка таких данных нет. Но если учесть, что система гласных испанского языка во многом похожа на русскую, можно ожидать наличие подобной закономерности и в русской речи, что, в свою очередь, может влиять на частотность огубленных гласных в русском языке, а в перспективе и на его фонологическую систему в целом.

В последние годы научная группа под руководством Дж. Харрингтона ведет исследования, подтверждающие артикуляционные причины фонетических изменений в различных языках, включая изменение произнесения огубленных гласных [Harrington, Schiel 2017].

В работе И. А. Зибера [2018] на примере сравнения слов *какая*, *какое* и *какую* было выявлено, что формантные характеристики предударного [a] зависят от того, какой гласный находится в ударном слоге. Акустический анализ экспериментального материала показал, что существенное влияние оказывалось на  $F_2$ , значения которой были тем ниже, чем более закрытый гласный был в ударном слоге, в то время как значения  $F_1$  в этих словах почти не различались.

Цель настоящей работы — дать артикуляционное описание случаев дистантной регрессивной ассимиляции безударных гласных в русской речи. Исследование состояло из двух экспериментов, в процессе которых анализировались записи звуко сочетаний /aC\*u/ в осмысленных словах русского языка в различных контекстах и позициях, сделанные методом электромагнитной артикулографии.

## 1. Эксперимент 1

### 1.1. Экспериментальный материал

В качестве экспериментального материала использовались записи чтения фраз четырьмя носителями литературного русского языка в возрасте 20–28 лет. Возраст дикторов был специально ограничен, чтобы уменьшить количество факторов, которые могут повлиять на результаты эксперимента. Запись речевых данных производилась в звукозаписывающей студии с применением электромагнитного артикулографа AG501 в институте фонетики университета г. Мюнхена (Германия) по системе, разработанной Ф. Хуле [Hoole, Nguyen 1999]. Дикторы родились и прожили всю жизнь в Москве или Санкт-Петербурге, к моменту записи они провели не более одного месяца в Германии. Каждый диктор читал 78 коротких предложений по четыре раза: два быстро и два медленно. Предложения были специально составлены таким образом, чтобы учесть следующие лингвистические факторы:

- находится ли перед гласным губной согласный (*попугай*<sup>2</sup>) или нет (*голубой*);
- на каком расстоянии (в слогах) находится огубленный гласный, который предположительно оказывает влияние: в следующем слоге (*голубой*) или через один слог (*годовую*);
- находятся ли эти два гласных в одном слове (*попугай*) или в соседних словах (*папа купил*);
- в какой позиции относительно ударения находится гласный: 2-й предударный (*голубой*), 1-й предударный (*голубка*), ударный (*каска*), заударный (*несколько*).
- положение слова в предложении: начальное (*Голубика растет на опушке леса*), в середине (*Свежая голубика вкусно пахнет*), конечное (*На опушке леса росла голубика*).

Запись проводилась в специальной звукозаписывающей студии. Для первичной обработки и нормализации артикуляционных данных, полученных в эксперименте, использовалось стандартное программное обеспечение, разработанное компанией Cartens Medizinelektronik и поставляемое вместе с артикулографом AG500. Кратко опишем принципы работы электромагнитного артикулографа (подробное описание представлено в работах Ф. Хуле, А. Цирда и М. Хонды [Zierdt et al. 2000; Kaburagi et al. 2005]).

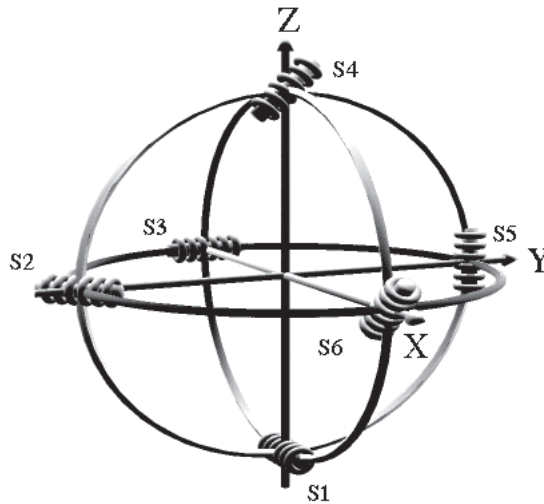


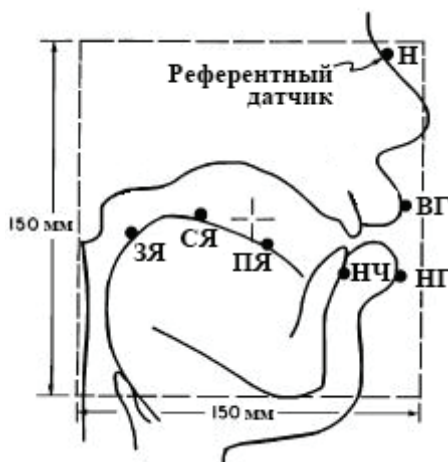
Рис. 1. Система передаточных катушек в электромагнитном артикулографе AG501

## 1.2. Принцип работы электромагнитного артикулографа

В основе устройства AG501 лежит система из шести передаточных катушек (см. рисунок 1), расположенных сферически так, что каждая принимающая катушка (сенсор) никогда не становится перпендикулярно одновременно более чем к трем передаточным катушкам. Передатчики порождают разные частоты в диапазоне от 7,5 до 13,75 кГц. Напряжение тока в сенсорах, количество которых может достигать 24-х, изменяется в зависимости от расстояния и угла между осями катушек каждого передатчика и осью катушки сенсора. Шесть измеренных амплитуд используются для вычисления расстояния между

<sup>2</sup> В данной работе мы следуем традициям Ленинградской / Санкт-Петербургской фонологической школы и рассматриваем первый гласный в слове *попугай* как аллофон гласного /а/, а не /о/.

передатчиком и каждым из сенсоров с учетом угловых координат сенсоров [Yunusova et. al. 2009]. В каждый момент для вычисления положения сенсора в пространстве вычисляются три координаты ( $x$ ,  $y$ ,  $z$ ) относительно центральной точки между передаточными катушками, а также два угла поворота сенсора. Получаемые пять значений определяют положение сенсора в пространстве. По возможности все детали ЭМА выполняются из пластика или экранированы с целью минимизации помех в электромагнитных полях, генерируемых передаточными катушками. Новейшие электромагнитные артикулографы, включая AG501, который использовался в данном исследовании, позволяют фиксировать положение сенсоров с частотой дискретизации 400 Гц, т. е. раз в 2,5 миллисекунды. Эта частота дискретизации позволяет производить высокоточные измерения артикуляторных процессов. Пространственная погрешность определяется размерами сенсоров и на данный момент равна 1 мм.



**Рис. 2.** Схема размещения сенсоров на органах артикуляции во время записи артикуляционных данных

На время эксперимента сенсоры приклеиваются на артикуляторные органы (см. рисунок 2). В рамках данного эксперимента сенсоры приклеивались к центральным точкам верхней (ВГ) и нижней (НГ) губ, чуть ниже передних зубов нижней челюсти (НЧ), к кончику языка (ПЯ), средней части спинки языка (СЯ) и задней части спинки языка (ЗЯ). Кроме того использовались три референтных датчика. Референтные датчики фиксируются на точках с наименьшей подвижностью кожи на голове: на переносице (изображено на рисунке 2) и за ушами. Это делается для того, чтобы человек мог относительно свободно двигать головой внутри магнитного поля, т. к. положение сенсоров на органах артикуляции вычисляется относительно положения референтных датчиков.

### 1.3. Метод анализа

Все записи были вручную аннотированы профессиональным фонетистом. Особое внимание уделялось точности аннотации. Фонетическая транскрипция данных была сделана на основе слухового и акустического анализа. Аннотация каждой фразы включала в себя

— указание границ целевого слова или пары смежных целевых слов (в случае анализа потенциальной оглушенности на границах слов);



- нормативную орфоэпическую фонематическую транскрипцию для каждого из выделенных слов (по Большому орфоэпическому словарю русского языка [Каленчук и др. 2012]);
- сегментацию целевого слова / группы слов на фактически произнесенные звуки;
- фонетическую аннотацию каждого звука.

Сегментация и фонетическая аннотация каждого звука проводилась при помощи акустического анализа и прослушивании каждого звука в рамках его границ или слога, в который он входил, в соответствии с принципами, изложенными П. А. Скредлиным [1999]. Это позволяло максимально избавиться от влияния модели фонемного состава слова, которая находится в голове у фонетиста как носителя русского языка.

Предварительный анализ аннотации показал, что некоторые безударные гласные не произносились дикторами, включая и те гласные, которые были объектом исследования. При выпадении огубленного гласного огубленность сохраняется на предшествующих согласных, и ее в принципе можно зафиксировать, если анализировать весь слог целиком. Заметим, что артикуляционные данные позволяют увидеть огубленность в этих случаях. Несмотря на это, такие случаи исключались из дальнейшего анализа из-за высокой степени неуверенности аннотаторов в оценке огубленности по акустическим и перцептивным данным.

Для анализа артикуляционных данных использовалась программа MVIEW и методология, разработанная М. Тиде в лаборатории Хаскинс [Tiede 2005]. В ходе анализа исследовались артикуляционные жесты, т. е. элементарные законченные движения органов артикуляции [Browman, Goldstein 1989; Tilsen, Goldstein 2012]. Для решения поставленной задачи измерялись два вида губных жестов, которые характеризуют огубленность. Во-первых, раствор губ (lip aperture, LA), который рассчитывается как евклидово расстояние между сенсорами, прикрепленными к верхней и нижней губе. Во-вторых, вытянутость нижней губы (lip protrusion, LP), которая рассчитывается как евклидово расстояние между сенсорами, прикрепленными к нижней губе и нижней челюсти.

Для описания артикуляционных жестов использовались два параметра: движение сенсора во времени и его тангенциальная скорость. В данной работе исследовались жесты губ, приводящие к огубленности гласных в зависимости от факторов, описанных выше (см. раздел 2.1), в первую очередь от положения гласного в слове. Каждый гласный был автоматически охарактеризован оценками наиболее существенных значений LA и LP. Процедура оценки была следующей. Внутри гласного каждые 5 мс определялось положение губ. Далее вычислялась парабола (квадратичный полином вида  $ax^2+bx+c$ ), которая наилучшим образом соответствовала ряду вычисленных данных о положении губ внутри гласного. Положение наиболее выраженного экстремума движения губ определялось как точка, в которой производная вычисленного полинома равнялась нулю. Эти значения были рассчитаны как для раствора губ (LA), так и для вытянутости нижней губы (LP).

## 1.4. Результаты анализа

Акустический анализ применялся для определения значимости факторов, влияющих на частотность, с которой происходит замена безударных /а/ на /у/. Акустический анализ проводился в программе Praat [Boersma, Weenink 2019]. Артикуляционный анализ использовался для того, чтобы определить артикуляционные жесты, происходящие в этом случае.

1. Наличие/отсутствие губного согласного перед гласным. Губная артикуляция предшествующего согласного в данном материале незначительно влияет на огубленность гласных, поскольку 58 % огубленных гласных было произнесено после губных согласных, а 42 % — после негубных. Это можно объяснить низкой степенью вытянутости губ при

артикуляции губных согласных в русском языке, тогда как огубленные гласные во многом характеризуются вытягиванием губ.

2. Положение слова в предложении. Учет положения слова в предложении был использован для приблизительной оценки влияния положения слова в сильной или слабой просодической позиции в рамках синтагмы. Дикторы читали предложенные фразы в том стиле, который им казался правильным, при этом трудно было добиться однозначной интерпретации ими текста. Вследствие этого интонационное оформление, синтагматическое членение и просодическая акцентуация могли не совпадать у разных дикторов. Мы определили три типа позиций: начало, середину и конец предложения. Первое слово в предложении можно рассматривать как сильную просодическую позицию, так как оно начинает первую синтагму в предложении, а первое слово в синтагме просодически маркировано [Vaissière 1983]. Конечное слово в предложении почти всегда оказывается в сильной просодической позиции, т. к. в подавляющем большинстве случаев (около 90 %) в конце предложения находится интонационный центр последней синтагмы [Кривнова и др. 2016: 35]. Трудно однозначно определить просодическую позицию слова, находящегося в середине предложения, поскольку это зависит от интонационного членения прочитанного предложения, но в большинстве случаев это будет слабая позиция. Предложения составлялись таким образом, чтобы возможный просодический шов перед или после исследуемого слова был как можно слабее.

Анализ распределения огубленных гласных показал, что положение слова в предложении не оказывает существенного влияния на огубленность гласного: в начале синтагмы было произнесено 32 % огубленных гласных, в середине синтагмы — 38 %, в конце синтагмы — 30 %. Несколько меньший процент замен в начале и конце предложения может быть объяснен тем фактом, что исследуемые слова чаще оказывались в сильной просодической позиции.

3. Скорость произношения. Скорость произношения не влияет на процесс огубленности. Две трети огубленных гласных были произнесены в медленной речи, а одна треть в быстрой речи. Это противоречит лингвистической интуиции. Более тщательный анализ речевого материала показал, что 10 % гласных в безударных позициях, являвшихся предметом исследования, не были реализованы при быстром произнесении. В большинстве случаев при этом согласные были четко слышны как огубленные. Если суммировать случаи огубленных гласных и огубленных негубных согласных, то около 45 % этих случаев происходят в быстрой речи. Таким образом, в 55 % случаев огубленность происходила при медленном произнесении, а в 45 % — при быстром.

4. Положение исследуемого гласного относительно ударения. Этот фактор оказался самым сильным. Анализ экспериментальных данных подтвердил, что можно ожидать огубленность в случае, если гласный находится во втором предударном или заударном слоге, а иницирующий огубленность гласный находится в том же слове, см. таблицы 1 и 2. В этих случаях происходит регрессивная ассимиляция гласных в соседних слогах, когда гласный, предшествующий гласному /u/, уподобляется ему с точки зрения огубленности. Полученные нами данные на первый взгляд противоречат данным, полученным ранее в работе И. А. Зибера, показавшей изменение формант предударного гласного [a] под влиянием ударного [u] в слове *какую*. Однако даже при существенном снижении значений  $F_2$  в этих случаях (в среднем до 1400–1300 Гц) такого рода гласные все равно остаются в акустическом пространстве гласных, идентифицируемых носителями языка как гласный /a/ [Бондарко 1981: 76].

Таблица 1

**Относительное количество (в процентах) гласных /a/, произнесенных как огубленный [u] в разных позициях относительно ударения в рамках слова**

Гласный	1	2	3	4
неогубленное произнесение	68,5	100,0	100,0	75,7
огубленное произнесение	31,5	0,0	0,0	24,3



В таблице 1 числовые названия столбцов обозначают положение гласного относительно ударения: 1 — предударный, не предшествующий ударному слогу; 2 — предударный, предшествующий ударному слогу; 3 — ударный, 4 — заударный.

Таблица 2

**Средние значения раствора губ (LA) и вытянутости нижней губы (LP) в рамках гласных, находящихся в соседних слогах, где второй гласный Г<sub>2</sub> — огубленный.**

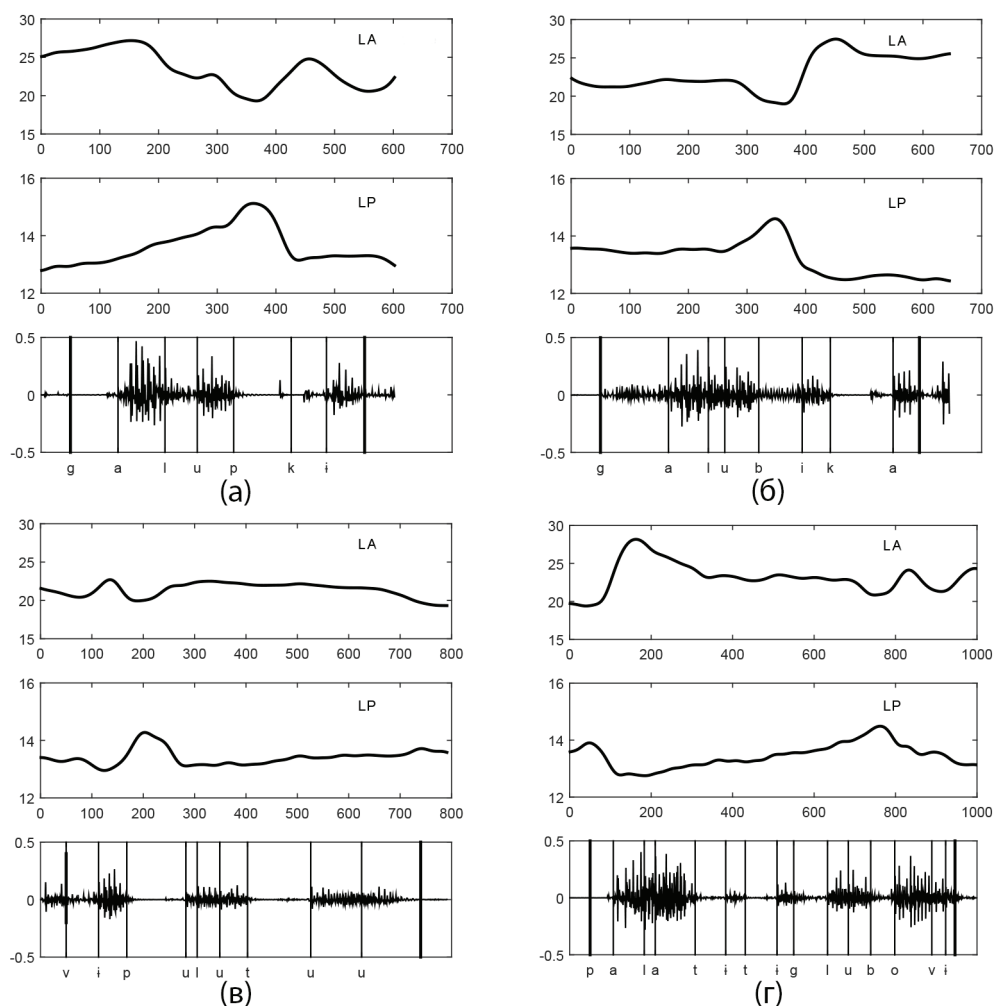
Позиция гласного	Δ LA, мм	Δ LP, мм
предударные Г <sub>1</sub> и Г <sub>2</sub>	0,64	-0,12
предударный Г <sub>1</sub> и ударный Г <sub>2</sub>	2,45	-1,01
ударный Г <sub>1</sub> и заударный Г <sub>2</sub>	1,64	-0,53
заударные Г <sub>1</sub> и Г <sub>2</sub>	0,12	-0,06

На рисунках 3а–г представлены примеры графиков артикуляционных жестов губ, раствора губ (LA) и вытянутости нижней губы (LP); под каждым графиком приведена осциллограмма с разметкой на произнесенные звуки: (а) — слово *голубка* /ga'lupka/; (б) — слово *голубика* /galu'b'ika/; (в) — слово *выполотую* /'vipalatuju/; (г) — словосочетание *палата-то голубого (цвета)* /pa'latata galu'bova/. Артикуляционные движения измеряются в миллиметрах. Напомним, что раствор губ показывает расстояние между губами, т. е. чем ниже значение, тем ближе губы друг к другу, а вытянутость губы вперед — это расстояние между серединой нижней губы и нижними резцами, т. е. чем больше значение на графике, тем больше это расстояние.

На рисунках 3б и 3в изображены графики раствора губ (LA) и вытянутости нижней губы (LP) при произнесении слов *голубика* и *выполотую* одним из дикторов. На рисунках видно, что происходит единый артикуляционный жест, при котором губы сближаются и вытягиваются вперед. Это движение начинается до произнесения первого гласного и заканчивается в конце второго гласного, образуя своеобразное плато на слогах *голу-* в слове *голубика* и *-лотую* в слове *выполотую*. Данные показывают, что огубленный гласный оказывает влияние не только на предыдущий слог, но и на тот, что идет перед ним (например, *выполотую*). Артикуляторный анализ такого рода примеров показывает, что в данном случае происходит единое артикуляторное движение губ, что может свидетельствовать о цепном эффекте регрессивной ассимиляции. При этом видно, что графики жестов LA и LP не абсолютно прямые, на них заметны небольшие колебания. Эти колебания сопровождают артикуляцию согласных и происходят либо под влиянием мышц, приводящих в движение язык, либо под влиянием изменения потока воздуха при изменении положения языка. Природа такого рода колебаний исследовалась в работах Перкелла [Perkell 1986], а также Фукс с коллегами [Fuchs et al. 2004].

Рисунок 3а иллюстрирует, что в случае, когда первый гласный Г<sub>1</sub> предударный, а второй гласный Г<sub>2</sub> ударный, на графиках LA и LP нет плато, что показывает отсутствие артикуляционной ассимиляции в данном случае. При этом отчетливо наблюдается единое продвижение губ (LP) вперед, которое начинается до артикуляции Г<sub>1</sub>, а заканчивается в конце Г<sub>2</sub>, в то время как вертикальные жесты губ, выражающиеся в растворе губ (LA), при произнесении гласных разные<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> Степень вытянутости нижней губы (LP), по нашим данным, не превышает 2 мм, что очень мало по сравнению с размером сенсора и доверительным интервалом пространственных измерений. Таким образом, говоря о вытянутости губ, мы можем говорить только о тенденциях, но не можем предложить модель движений губ в процессе коартикуляции. В нашем эксперименте мы следовали хорошо зарекомендовавшему себя дизайну ЭМА экспериментов, разработанному в институте фонетики и обработки речи (Мюнхенский ун-т им. Людвиг и Максимилиана) и лаборатории

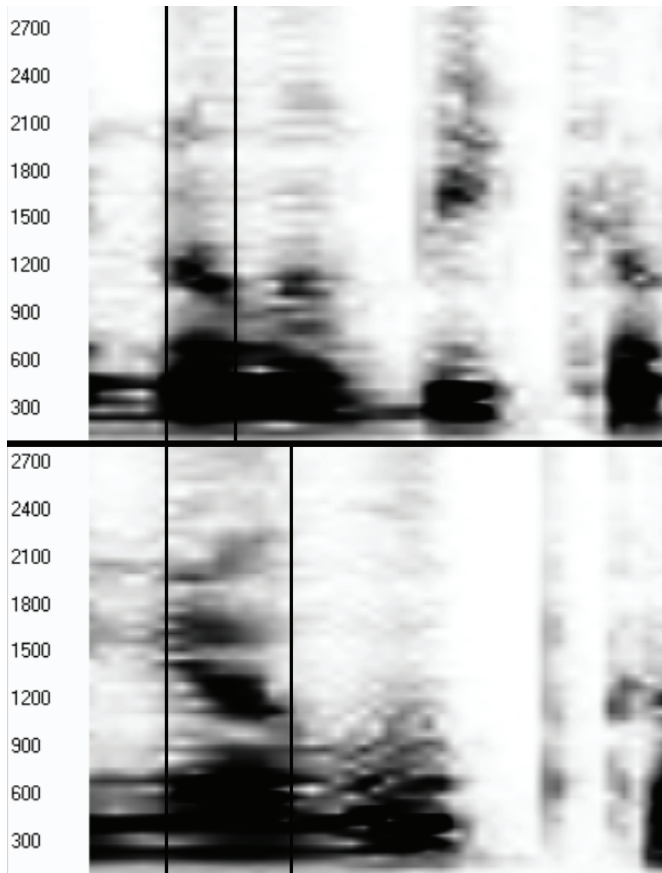


**Рис. 3.** Графики изменения раствора губ (LA) и вытянутости нижней губы (LP) при произнесении одним диктором мужского пола указанных слов

Анализ спектров показал, что акустическая картина соответствует артикуляционной. На рисунке 4 в качестве примера приведены спектрограммы произнесения слов *голубка* и *голубика*. На обоих рисунках выделены гласные в первом слове. При произнесении слова *голубика* значения формант у первого и второго гласного практически равны, в то время как на спектрограмме произнесения слова *голубка* видно, что предударный гласный [a] сильно отличается по своему качеству от ударного [u]. При этом очень заметно движение формант от начала предударного гласного к его концу, которое, по всей

Хаскина (Йельский ун-т). Места для крепления «губных» датчиков находятся по центру каймы губ. Эти точки не сильно смещаются относительно альвеолярного отростка, к которому прикреплены «челюстные» датчики. С теоретической точки зрения более правильными точками были бы центральные точки вермилы верхней и нижней губ. Однако в этом случае датчики будут сталкиваться друг с другом при произнесении губных смычек, поэтому более качественного решения на данный момент не существует.

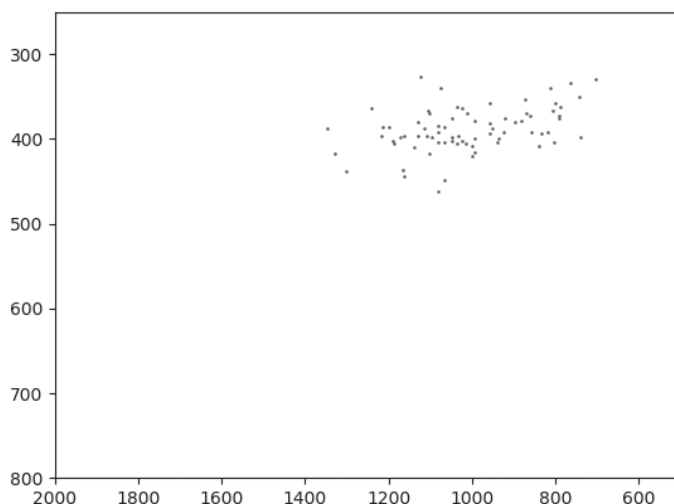
видимости, происходит под влиянием не только последующего [л], но и гласного в следующем слоге. Это соответствует данным, полученным в работе Зибер [2018].



**Рис. 4.** Спектрограммы типичного произнесения слов *голубика* (верхний рисунок) и *голубка* (нижний рисунок) одним из дикторов

Акустический анализ гласных состоял из анализа первых трех формант. Форманты гласных вычислялись автоматически при помощи метода, разработанного ранее В. В. Евдокимовой [Евдокимова и др. 2020]. Анализ показал, что значения формант безударных гласных, которые стали огубленными под влиянием последующего гласного /у/, лежат в области значений формант гласного /у/, см. рисунок 5 (с. 42), на котором указаны значения первых двух формант данных гласных. На рисунке 5 оси повернуты в соответствии с тем, как лежат гласные на артикуляторно-акустическом треугольнике.

Засвидетельствовано некоторое количество случаев (около 10 %), когда регрессивная ассимиляция происходит на границе соседних слов. Рисунок 3г иллюстрирует случай произнесения пары слов *палата-то голубого* из предложения *Палата-то голубого цвета в больнице* как [pa'latutu gulu'bovə] вместо [pa'latatə gəlu'bovə]. В данном случае слова не только не являются одним фонетическим словом, но даже не являются словосочетанием, будучи не связанными между собой синтаксически, т. к. слово *голубого* связано с последующим словом *цвета*, а не предыдущим *палата-то*. Тем не менее можно увидеть, что два последних заударных слога первого слова и два предударных слога второго слова произнесены с единым движением губ: на графике LA присутствует плато, а на графике



**Рис. 5.** Безударные гласные, огубленные под влиянием соседней гласной.  
Ось ОХ — вторая форманта (Гц), ось ОУ — первая форманта (Гц)

ЛР — единое движение. Несмотря на редкость таких случаев, они являются примерами окказиональной дистантной регрессивной ассимиляции в русской речи.

Если рассмотреть случаи огубленности безударных гласных /а/ с точки зрения степени их редукции, то можно увидеть, что все они принадлежат к гласным второй степени редукции. В то же время предударные гласные первой степени редукции, непосредственно предшествующие ударному слогу, не огубляются. Однако сделать однозначное утверждение о том, что гласные первой степени редукции никогда не огубляются, мешает отсутствие в материале пар слов, различающихся только степенью редукции одного из гласных. Чтобы исследовать данный вопрос, был проведен второй эксперимент, в котором сравнивались пары фонетических слов типа *аккуратным* / с *аккуратным*, где слова различаются только наличием согласного перед гласным в абсолютном начале слова, вследствие чего меняется степень его редукции.

## 2. Эксперимент 2

### 2.1. Экспериментальный материал

Цель этого эксперимента состояла в том, чтобы выяснить, является ли основным фактором, определяющим возможность появления огубленности на неогубленных безударных гласных, их позиция относительно ударения в слове или степень редукции этих гласных. Для того чтобы ответить на этот вопрос, был подобран материал, состоящий из пар слов, в которых интересующий нас гласный находился в одной и той же позиции относительно ударения, а степень его редукции менялась. Этого можно достичь, сравнивая фонетические слова, где в одном случае будет присутствовать неприкрытый начальный гласный<sup>4</sup>, который не будет непосредственно предшествовать ударному слогу, (например, *аккуратный*), а в другом случае тот же гласный будет прикрыт предлогом, состоящим из одного

<sup>4</sup> Т. е. гласный в позиции абсолютного начала слова.

согласного (например, с *аккуратным*, к *аккуратному*, в *аккуратном*). В случае наличия предлога, состоящего из одного согласного, перед словом, начинающимся с гласного, происходит ресиллабация, в результате которой согласный из предлога и начальный гласный последующего слова образуют единый слог. В результате этого меняется степень редукции первого гласного в слове. Ранее экспериментальные данные о зависимости степени редукции начальных гласных в корне от того, находится перед ними приставка или предлог, показали, что в этих случаях на гласный оказывается практически одинаковое влияние [Kocharov et al. 2016]. Теоретически можно было бы сравнивать слова с последним безударным открытым / закрытым гласным. Однако было решено отказаться от рассмотрения этого случая, т. к. существуют разные взгляды на то, какой степенью редукции характеризуется последний безударный открытый гласный в слове: Р. И. Аванесов [1950] считал его гласным второй степени редукции, Л. В. Бондарко [1998] — первой степени редукции, а по данным, полученным несколько лет назад на корпусе в 30 часов русской речи, редукция предударных и заударных гласных принципиально различается, поэтому скорее надо отдельно говорить о редукции предударных гласных и отдельно — заударных [Kocharov et al. 2015].

В соответствии с поставленной целью был составлен список из 80 фраз, учитывающих следующие факторы:

- предшествующий согласный: отсутствие согласного /-/ (*окружающие*<sup>5</sup>), /к/ (*к окружающим*), /с/ (*с окружающими*), /в/ (*в окружающих*).
- позиция в предложении: в начале (*Окружающие его не любили*), в середине (*Он понял: окружающие могут ошибаться*). Предложения строились таким образом, чтобы спровоцировать читающего сделать паузу перед исследуемым словом. Таким образом мы меняли положение в предложении, чтобы интересующее нас слово было первым в синтагме.

В качестве экспериментального материала использовались записи чтения фраз четырьмя носителями литературного русского языка. Запись речевых данных производилась с применением электромагнитного артикулографа AG500 на кафедре фонетики и методики преподавания иностранных языков Санкт-Петербургского университета. Дикторы родились и прожили всю жизнь в Санкт-Петербурге. Каждый диктор читал по четыре раза: два быстро и два медленно. Электромагнитный артикулограф AG500 работает так же, как описанный выше AG501 (см. раздел 2.2). Основная разница заключается в том, что он получает артикуляционные данные с частотой дискретизации 200 Гц, т. е. раз в 5 миллисекунд, а не в 1250 Гц, как AG501. При обработке данных использовался тот же метод анализа, что и в первом эксперименте (см. раздел 2.3).

## 2.2. Результаты анализа

В ходе экспертного слухового и акустического анализа в программе Praat [Boersma, Weenink 2019] были получены данные, которые позволяют сделать ряд выводов относительно факторов, влияющих на частотность возникновения огубленности /а/ в безударной позиции.

**1. Наличие/отсутствие согласного перед гласным.** Наличие / отсутствие согласного перед безударным гласным и, следовательно, степень редукции этого гласного оказывает существенное влияние на то, насколько он подвержен влиянию последующего гласного /у/. В таблице 3 представлено относительное количество безударных гласных /а/, которые заменяются или не заменяются в речи на /у/ в зависимости от того, прикрыты ли они

<sup>5</sup> В примерах выделен гласный, для которого рассматривается наличие / отсутствие огубленности.

согласным, и если да — от того, каким именно согласным: «←» — гласный неприкрыт; k — гласный прикрыт согласным /k/; s — гласный прикрыт согласным /s/, v — гласный прикрыт согласным /v/. Можно заметить, что неприкрытые безударные гласные, т. е. гласные первой степени редукции, ни разу не были произнесены как [u] ни одним из дикторов. В то же время прикрытые безударные гласные, т. е. гласные второй степени редукции, достаточно часто произносились дикторами как [u].

Качество предшествующего согласного, по всей видимости, играло решающую роль. После губного щелевого /v/ все гласные /a/ были произнесены как [u], что соответствует представлениям о коартикуляции внутри слога. Интересно, что огубленность часто возникала и после негубного согласного — заднеязычного /k/. В данном случае 81 % гласных /a/ произносились как [u]. В то же время после другого негубного согласного — переднеязычного /s/ — огубленность наблюдалась лишь для 56 % /a/.

Полученные результаты ставят под сомнение данные об отсутствии существенного влияния согласного на огубленность последующего безударного гласного, полученные по результатам первого эксперимента (см. раздел 2.4). Второй эксперимент был более контролируемым — с меньшим количеством свободных параметров. По этой причине результаты, полученные в этом эксперименте, следует считать более правильными.

Таблица 3

Относительное количество гласных /a/, произнесенных как огубленный [u] после согласных

Реализация /a/ в речи	/l/	/k/	/s/	/v/
[u]	0 %	81 %	56 %	100 %
[a]	100 %	19 %	44 %	0 %

**2. Позиция в предложении.** Судя по полученным данным, позиция в предложении не оказывала существенного влияния на огубленность как в случае наличия, так и в случае отсутствия согласных перед безударным гласным. Материал был составлен таким образом, что, несмотря на разную позицию в предложении, позиция в синтагме оставалась той же самой — начальной.

## Заключение

Несмотря на то, что за последние двадцать лет исследований слитной русской речи на больших речевых корпусах были получены новые данные о фонетических явлениях и процессах, эти данные, как правило, касаются акустической реализации аллофонов русских фонем или их перцептивной оценки. В настоящем же исследовании методы акустического и перцептивного анализа использованы вместе с новейшими методами инструментального артикуляционного анализа на основе электромагнитной артикулографии. Совмещение этих методов дало возможность провести многоаспектный анализ процесса огубленности гласных в речи, в ходе которого были получены новые экспериментальные данные о частотности явлений огубленности безударных гласных под влиянием последующих безударных гласных.

Представленное экспериментальное исследование показало, что безударные гласные /a/ второй степени редукции в русской речи ассимилируются со следующим безударным /u/ с точки зрения огубленности (например, *голубой, к аккуратному, палочку*). Более того, эта регрессивная ассимиляция может происходить на протяжении нескольких слогов подряд (например, *выполотую*). Наши результаты показали разницу между двумя степенями



редукции гласного /a/ в русском языке с артикуляционной точки зрения, поскольку гласные /a/ первой степени редукции не огубляются в отличие от гласных /a/ второй степени редукции. На частотность случаев огубленности гласных /a/ влияют разные факторы, включая позицию относительно ударения и качество согласного перед ними. В экспериментальном материале встречались случаи, когда происходила ассимиляция заударных гласных в предыдущем слове под влиянием предупредного гласного [u] в текущем. С артикуляторной точки зрения огубленность гласного ведет к увеличению напряженности органов артикуляции [Grosvald 2010]. Однако можно предположить, что в этой ситуации она способствует артикуляторному единообразию безударной части слова, чем облегчает ее произнесение. Таким образом, огубленность всех безударных гласных, предшествующих безударному [u], по-видимому, способствует менее напряженной артикуляции. Артикуляторный анализ такого рода примеров показывает, что в данном случае происходит единое артикуляторное движение губ на всем протяжении безударной части слова, которое начинается в начале безударной части слова, а заканчивается с окончанием произнесения /u/.

С типологической точки зрения полученные данные об огубленности безударных гласных в русской речи говорят о возможности дистантной ассимиляции безударных гласных в случае отсутствия блокирующих явлений даже в тех языках, где отсутствует сингармонизм.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Аванесов 1950 — Аванесов Р. И. Русское литературное произношение. М.: Учпедгиз, 1950. [Avanesov R. I. *Russkoe literaturnoe proiznoshenie* [Standard Russian pronunciation]. Moscow: Uchpedgiz, 1950.]
- Аванесов 1974 — Аванесов Р. И. Русская литературная и диалектная фонетика. М.: Просвещение, 1974. [Avanesov R. I. *Russkaya literaturnaya i dialektnaya fonetika* [Phonetics of standard and dialectal Russian]. Moscow: Prosveshchenie, 1974.]
- Богородицкий 1882 — Богородицкий В. А. Введение в изучение русского вокализма. Вып. 1–2. Варшава: Тип. М. Земкевича и В. Ноаковского, 1882–1883. [Bogoroditskii V. A. *Vvedenie v izuchenie russkogo vokalizma* [Introduction to Russian vocalism]. No. 1–2. Warsaw: M. Zemkevich & V. Noakovsky Publ., 1882–1883.]
- Богородицкий 1887 — Богородицкий В. А. Курс грамматики русского языка. Ч. 1.: Фонетика. Варшава: В тип. Михаила Земкевича, 1887. [Bogoroditskii V. A. *Kurs grammatiki russkogo yazyka* [Course in Russian grammar]. Part 1: *Fonetika* [Phonetics]. Warsaw: M. Zemkevich Publ., 1887.]
- Бондарко 1981 — Бондарко Л. В. Фонетическое описание языка и фонологическое описание речи. Л.: Изд-во ЛГУ, 1981. [Bondarko L. V. *Foneticheskoe opisanie yazyka i fonologicheskoe opisanie rechi* [Phonetical description of language and phonological description of speech]. Leningrad: Leningrad State Univ. Press, 1981.]
- Бондарко 1998 — Бондарко Л. В. Фонетика современного русского языка. СПб.: Изд-во СПбГУ, 1998. [Bondarko L. V. *Fonetika sovremennogo russkogo yazyka* [Phonetics of modern Russian]. St. Petersburg: St. Petersburg State Univ. Press, 1998.]
- Евдокимова и др. 2020 — Евдокимова В. В., Кочаров Д. А., Скрелин П. А. Метод построения формантных картин для исследования фонетических характеристик гласных. Труды СПИИРАН, 2020, 19(2): 302–329. [Evdokimova V. V., Kocharov D. A., Skrelin P. A. Method of making formant plots for exploring phonetical features of vowels. *Trudy SPIIRAN*, 2020, 19(2): 302–329.]
- Зибер 2018 — Зибер И. А. Вариативность и звуковые изменения: о случаях ассимилятивной лабиализации гласных. *Acta linguistica Petropolitana*, 2018, 14(2): 243–270. [Sieber I. A. Variation and sound change: On cases of assimilative vowel labialization. *Acta linguistica Petropolitana*, 2018, 14(2): 243–270.]
- Зиндер 1979 — Зиндер Л. Р. Общая фонетика. М.: Высшая школа, 1979. [Zinder L. R. *Obshchaya fonetika* [General phonetics]. Moscow: Vysshaya Shkola, 1979.]
- Каленчук и др. 2012 — Каленчук М. Л., Касаткин Л. Л., Касаткина Р. Ф. Большой орфоэпический словарь русского языка. М.: АСТ-Пресс, 2012. [Kalenchuk M. L., Kasatkin L. L., Kasatkina R. F. *Bol'shoi orfoepicheskiy slovar' russkogo yazyka* [Big orthoepical dictionary of Russian]. Moscow: AST-Press, 2012.]

- Касаткин 1989 — Касаткин Л. Л. Одна из тенденций развития фонетики русского языка. *Вопросы языкознания*, 1989, 6: 39–45. [Kasatkin L. L. A trend in the development of Russian phonetics. *Voprosy Jazykoznanija*, 1989, 6: 39–45.]
- Кедрова и др. 2003 — Кедрова Г. Е., Захаров Л. М., Анисимов Н. В. Исследование артикуляторной базы русского языка методами магнитно-резонансной томографии. *Сборник трудов XIII сессии Российского акустического общества*. М.: ГУОС 2003: 81–84. [Kedrova G. E., Zakharov L. M., Anisimov N. V. Exploring the articulatory base of Russian with MRT. *Proc. of the 13<sup>th</sup> session of Russian Acoustic Society*. M. GUOS: 2003, 81–84.]
- Кедрова и др. 2007 — Кедрова Г. Е., Анисимов Н. В., Захаров Л. М., Пирогов Ю. А. О некоторых физических коррелятах артикуляторной базы языка (сопоставительное исследование артикуляторных моделей гласных звуков русского и корейского языков по результатам МРТ-экспериментов). *Теория и практика звучащей речи: сборник научных статей*. Вильнюс: Изд-во Вильнюсского пед. ун-та, 2007. [Kedrova G. E., Anisimov N. V., Zakharov L. M., Pirogov Yu. A. On some physical correlates of language's articulatory base: An MRT study of Russian vs. Korean vowels. *Theory and Practice of Sounding Speech*. Vilnius: Vilnius Pedagogical Univ., 2007.]
- Князев 2001 — Князев С. В. Еще раз о соотношении фонетики и фонологии. *Вестник МГУ. Сер. 9: Филология*, 2001, 5: 101–112. [Knyazev S. V. Once again on the relationship between phonetics and phonology. *Vestnik MGU. Seriya 9: Filologiya*, 2001, 5: 101–112.]
- Кривнова и др. 2016 — Кривнова О. Ф., Князев С. В., Моисеева Е. В. Исследования просодического членения звучащего текста на материале русского языка. *Вестник МГУ. Сер. 9: Филология*, 2016, 4: 17–44. [Krivnova O. F., Knyazev S. V., Moiseeva E. V. Studies of prosodical segmentation of speech on Russian material. *Vestnik MGU. Seriya 9: Filologiya*, 2016, 4: 17–44.]
- Матусевич 1976 — Матусевич М. И. *Современный русский язык. Фонетика*. М.: Просвещение, 1976. [Matusevich M. I. *Sovremennyi russkii yazyk. Fonetika* [Modern Russian: Phonetics]. Moscow: Prosveshchenie, 1976.]
- Панов 1967 — Панов М. В. *Русская фонетика*. М.: Просвещение, 1967. [Panov M. V. *Russkaya fonetika* [Russian phonetics]. Moscow: Prosveshchenie, 1967.]
- Пауфощима 1980 — Пауфощима Р. Ф. Активные процессы в современном русском литературном языке: ассимилятивные изменения безударных гласных. *Известия АН СССР. Сер. литературы и языка*, 1980, 39(1): 61–68. [Paufoshima R. F. Active processes in modern standard Russian: Assimilative changes in unstressed vowels. *Izvestiya Akademii nauk SSSR. Seriya literatury i yazyka*, 1980, 39(1): 61–68.]
- Скалозуб 1979 — Скалозуб Л. Г. *Динамика звукообразования (по данным кинорентгенографирования)*. Киев: Вища школа, 1979. [Skalozub L. G. *Dinamika zvukoobrazovaniya (po dannym kinorentgenografirovaniya)* [Dynamics of articulation: Evidence from cineradiography]. Kiev: Vyshcha Shkola, 1979.]
- Скрелин 1999 — Скрелин П. А. *Сегментация и транскрипция*. СПб.: Изд-во СПбГУ, 1999. [Skrelin P. A. *Segmentatsiya i transkriptsiya* [Segmentation and transcription]. St. Petersburg: St. Petersburg State Univ. Publ., 1999.]
- Чистович (ред.) 1965 — Чистович Л. А. (ред.). *Речь. Артикуляция и восприятие*. М.: Наука, 1965. [Chistovich L. A. (ed.). *Rech'. Artikulyatsiya i vospriyatie* [Speech articulation and perception]. Moscow: Nauka, 1965.]
- Щерба 1912 — Щерба Л. В. *Русские гласные в качественном и количественном отношении*. СПб.: тип. Ю. Н. Эрлих, 1912. [Shcherba L. V. *Russkie glasnye v kachestvennom i kolichestvennom otnoshenii* [Russian vowels in qualitative and quantitative aspects]. St. Petersburg: Yu. N. Erlikh Publ., 1912.]
- Ahmed, Grosvald 2018 — Ahmed S., Grosvald M. Long-distance vowel-to-vowel coarticulation in Arabic: Influences of intervening consonant pharyngealization and length. *Language and Speech*, 2018, 62(2): 399–424.
- Boersma, Weenink 2019 — Boersma P., Weenink D. *Praat: Doing phonetics by computer* [software]. Version 6.0.28. <http://www.praat.org/>.
- Boyce 1990 — Boyce S. E. Coarticulatory organization for lip rounding in Turkish and English. *Journal of the Acoustical Society of America*, 1990, 88(6): 2584–2595.
- Browman, Goldstein 1989 — Browman C., Goldstein L. Articulatory gestures as phonological units. *Haskins Laboratories Status Report on Speech Research*, 1989, SR-99/100: 69–101.
- Chiu et al. 2015 — Chiu F., Fromont L., Lee A., Xu Y. Long-distance anticipatory vowel-to-vowel assimilatory effects in French and Japanese. *Proc. of the 18<sup>th</sup> International Congress of Phonetic Sciences (ICPhS 2015)*. Wolters M., Livingstone J., Beattie B., Smith R., MacMahon M., Stuart-Smith J., Scobbie J. (eds.). Glasgow: Univ. of Glasgow, 2015: 210–214.

- Cho 2004 — Cho T. Prosodically conditioned strengthening and vowel-to-vowel coarticulation in English. *Journal of Phonetics*, 2004, 32(2): 141–176.
- Crosswhite 2000 — Crosswhite K. Vowel reduction in Russian: A unified account of standard, dialectal, and “dissimilative” patterns. *Univ. of Rochester Working Papers in the Language Sciences*, 2000, 1: 107–171.
- Fant 1970 — Fant G. *Acoustic theory of speech production*. The Hague: Mouton De Gruyter, 1970.
- Fuchs et al. 2004 — Fuchs S., Hoole P., Brunner J., Inoue M. The trough effect: An aerodynamic phenomenon? *Proc. of From Sound to Sense: 50+ Years of Discoveries in Speech Communication Conference*. Cambridge (MA): MIT, 2004.
- Grosvald 2010 — Grosvald M. Long-distance coarticulation in spoken and signed language. An overview. *Language and Linguistics Compass*, 2010, 4: 348–362.
- Harrington, Schiel 2017 — Harrington J., Schiel F. /u/-fronting and agent-based modeling: The relationship between the origin and spread of sound change. *Language*, 2017, 93(2): 414–445.
- Hoole, Nguyen 1999 — Hoole P., Nguyen N. Electromagnetic articulography in coarticulation research. *Coarticulation: Theory, data and techniques*. Hardcastle W. J., Hewlett N. (eds.). Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1999, 260–269.
- Kaburagi et. al. 2005 — Kaburagi T., Wakamiya K., Honda M. Three-dimensional electromagnetic articulography: A measurement principle. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 2005, 118: 428–443.
- Kocharov et al. 2015 — Kocharov D., Kachkovskaia T., Skrelin P. Position-dependent vowel reduction in Russian. *Proc. of the 18<sup>th</sup> International Congress of Phonetic Sciences (ICPhS 2015)*. Wolters M., Livingstone J., Beattie B., Smith R., MacMahon M., Stuart-Smith J., Scobbie J. (eds.). Glasgow: Univ. of Glasgow, 2015.
- Kocharov et al. 2016 — Kocharov D., Kachkovskaia T., Skrelin P. Phonetic evidence for clitic-host relations within the prepositional group in Russian. *Proc. of Speech Prosody 2016*. Barnes J., Veilleux N., Shattuck-Hufnagel S., Brugos A. (eds.). Boston: Boston Univ., 2016, 198–202.
- Kochetov, Howson 2015 — Kochetov A., Howson P. On the incompatibility of trilling and palatalization: A single-subject study of sustained apical and uvular trills. *Proc. of the 16<sup>th</sup> Annual Conference of the International Speech Communication Association (Interspeech 2015)*. Steidl S. (ed.). Dresden: Technische Universität, 2015: 2187–2191.
- Öhman 1965 — Öhman S. E. Coarticulation in VCV utterances: Spectrographic measurements. *Journal of the Acoustical Society of America*, 1965, 39(1): 151–168.
- Perkell 1986 — Perkell J. S. Coarticulation strategies: Preliminary implications of a detailed analysis of lower lip protrusion movements. *Speech Communication*, 1986, 5(1): 47–68.
- Poupplier et al. 2017 — Poupplier M., Marina S., Hoole Ph., Kochetov A. Speech rate effects in Russian onset clusters are modulated by frequency, but not auditory cue robustness. *Journal of Phonetics*, 2017, 64: 108–126.
- Recasens 2002 — Recasens D. An EMA study of VCV coarticulatory direction. *Journal of the Acoustical Society of America*, 2002, 111(6): 2828–2841.
- Rodriguez, Recasens 2017 — Rodriguez C., Recasens D. An evaluation of several methods for computing coarticulatory resistance using ultrasound. *Journal of the Acoustical Society of America*, 2017, 142(1): 378–388.
- Rubertus, Noiray 2018 — Rubertus E., Noiray A. On the development of gestural organization: A cross-sectional study of vowel-to-vowel anticipatory coarticulation. *Plos ONE*, 2018, 13(9): e0203562.
- Stoll 2017 — Stoll T. *Articulatory analysis of palatalised rhotics in Russian. Implications for sound change*. Ph.D. diss. Munich: Ludwig-Maximilians-Universität, 2017.
- Tiede 2005 — Tiede M. *MVIEW: Software for visualization and analysis of concurrently recorded movement data*. New Haven: Haskins Laboratory, 2005.
- Tilsen, Goldstein 2012 — Tilsen S., Goldstein L. Articulatory gestures are individually selected in production. *Journal of Phonetics*, 2012, 40(6): 764–779.
- Vaissière 1983 — Vaissière J. Language-independent prosodic features. *Prosody: Models and measurements*. Cutler A., Ladd D. R. (eds.). Berlin: Springer Verlag, 1983: 53–66.
- Yunusova et al. 2009 — Yunusova Y., Green J. R., Antje Mefferd A. Accuracy assessment for AG500, electromagnetic articulograph. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 2009, 52(2): 547–555.
- Zierdt et al. 2000 — Zierdt A., Hoole P., Honda M., Kaburagi T., Tillmann H-G. Extracting tongues from moving heads. *Proc. of the V-th Speech Production Seminar*. Hoole Ph. (ed.). Kloster Seeon: LMU, 2000: 313–316.