

ЯЗЫКОЗНАНИЕ LINGUISTICS

DOI: 10.18287/2542-0445-2024-30-1-122-130



НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 811.161.1.34

Дата поступления: 15.11.2023
рецензирования: 10.12.2023
принятия: 26.02.2024

Влияние типа ударения на степень коартикуляции гласных после мягких согласных

С.В. Баталин

Волгоградский государственный технический университет,
г. Волгоград, Российская Федерация
E-mail: sbat_2009@mail.ru. ResearcherID: M-7747-2019.
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3435-9797>

Аннотация: Анализируется влияние типа ударения (нейтральное vs эмфатическое) в СГ-слогах на степень коартикуляции русских гласных низкого, среднего и высокого подъема с предыдущими мягкими согласными различного места образования. Актуальность исследования определяется практическими задачами синтеза и распознавания звучащей речи, а также недостаточным объемом исследований в данной области на материале русского языка. Количественная оценка коартикуляции выполнена с использованием метода линейных уравнений первого порядка. Экспериментальный материал представлен псевдословами со структурой СГСГ с ударением на первом слоге, при этом согласные и гласные реализовывались одними и теми же звуками. В качестве согласных выступали мягкие губно-губной [pʲ], переднеязычный [tʲ] и заднеязычный [kʲ] согласные; в качестве гласных – гласные различного подъема – [i], [e] и [æ]. Акустический анализ выполнялся с использованием программы Praat. Установлено, что значения коэффициентов наклона регрессионной прямой и свободных членов линейных уравнений практически совпадают для мягких согласных различного места образования, произнесенных с одинаковым типом ударения. Степень коартикуляции в СГ-слогах различна, если слоги реализуются с нейтральным или эмфатическим ударением. Методами факторного анализа и использованием *t*-критерия Стьюдента выявлена различная динамика значений форманты F2 на переходных и целевых участках гласных различного подъема в зависимости от типа ударения. Полученные результаты интерпретируются исходя из артикуляторных особенностей гласных: степени свободы перемещения языка в горизонтальной плоскости в зависимости от подъема языка.

Ключевые слова: форманта; формантные переходы; линейная регрессия; локус; локус-уравнение; мягкие согласные; палатализация; коартикуляция.

Цитирование. Баталин С.В. Влияние типа ударения на степень коартикуляции гласных после мягких согласных // Вестник Самарского университета. История, педагогика, филология Vestnik of Samara University. History, pedagogics, philology. 2024. Т. 30, № 1. С. 122–130. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0445-2024-30-1-122-130>.

Информация о конфликте интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

© Баталин С.В., 2024

Сергей Васильевич Баталин – кандидат филологических наук, доцент, доцент кафедры «Иностранные языки», Волгоградский государственный технический университет, 400005, Российская Федерация, г. Волгоград, пр-т Ленина, 28.

SCIENTIFIC ARTICLE

Submitted: 15.11.2023
Revised: 10.12.2023
Accepted: 26.02.2024

Impact of prominence type on the coarticulation of vowels following palatalized consonants

S.V. Batalin

Volgograd State Technical University, Volgograd, Russian Federation
E-mail: sbat_2009@mail.ru. ResearcherID: M-7747-2019.
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3435-9797>

Abstract: The quantitative impact of prominence (neutral vs emphatic stress) on the coarticulation of the Russian low [æ], mid [e] and high [i] front vowels is evaluated in CV sequences with palatalized consonants of various places of obstruction. The research is conditioned by the aims of speech synthesis and recognition of the Russian language, the

current data in the field being insufficient. First order linear equations (locus equations) are used to evaluate the degree of CV coarticulation. The experiment is performed on CVCV nonsense words imbedded in the middle position of a carrier phrase «Vyros CVCV s'yl'nym» («CVCV has grown up strong»). The first syllable of the target words was uttered both with neutral and emphatic stress. The Praat software was used to measure F2 formant values at vowel onsets and central parts. It was established that linear regression slopes are similar both in the Y-intercepts and slope coefficients for the palatalized consonants of various places of obstruction uttered with the same prominence. The degree of coarticulation was different depending upon the type of prominence (neutral or emphatic): the coefficients were lower in case of the emphatic stress compared to those of the neutral one. ANOVA analysis and Student's t-test were performed to reveal the difference in F2 values of vowel onsets and middle parts as a function of the vowel openness and type of prominence. The results obtained were interpreted based on the degree of the openness of the vowels under study: an open vowel under emphatic stress tends to expand its vowel space by a backward displacement while close vowels tend to move forward in the mouth cavity when pronounced with emphatic stress.

Key words: formant; formant transitions; linear regression; locus; locus equation; palatalized consonants; palatalization; coarticulation.

Citation. Batalin S.V. Impact of prominence type on the coarticulation of vowels following palatalized consonants. *Vestnik Samarskogo universiteta. Istorija, pedagogika, filologija Vestnik of Samara University. History, pedagogics, philology*, 2024, vol. 30, no. 1, pp. 122–130. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0445-2024-30-1-122-130>. (In Russ.)

Information on the conflict of interests: author declares no conflict of interest.

© Batalin S.V., 2024

Sergey V. Batalin – Candidate of Philological Sciences, associate professor, associate professor of the Department of Foreign Languages, Volgograd State Technical University, 28, Lenin Avenue, Volgograd, 400005, Russian Federation.

Введение

Как известно, в потоке речи артикуляционные жесты соседних звуков сопровождаются процессами аккомодации и ассимиляции. Данные процессы находят свое отражение в акустических параметрах, в первую очередь изменениях значений формант гласных звуков. Анализ коартикуляционных явлений представляет значительный интерес как для понимания функционирования фонологической системы гласных, так и для решения практических задач, связанных с синтезом и распознаванием речи. Целью статьи является аналитическое описание коартикуляционных процессов, предполагающее количественную оценку степени коартикуляции гласных с предыдущими палатализованными согласными русского языка в составе СГ слогов, произнесенных с нейтральным и эмфатическим ударением.

Имеющиеся в литературе данные позволяют сделать вывод о различной степени аккомодации гласного звука в зависимости от типа предшествующего согласного. Широко известна предложенная Л.В. Бондарко классификация согласных по типу их влияния на последующие гласные. В зависимости от значений переходного и квазистационарного участков формант F1 и F2 гласных звуков автор выделяет следующие группы согласных: твердые губные; твердые переднеязычные; какуминальные; твердые заднеязычные; переднеязычные мягкие; мягкие губные и мягкие заднеязычные. Звуки [м], [м'], [л], [л'], [н], [н'], [р], [j] образуют отдельные группы (Бондарко 1977, с. 65–67). Условно данный подход можно назвать качественным, поскольку автором не приводятся количественные характеристики соотношения переходного и целевого участков формант гласных.

Иной подход к классификации согласных по степени влияния на коартикуляцию последующего гласного предложен Б. Линдбломом [Lindblom 1963] и основан на использовании метода так называемых локус-уравнений. Данный метод оценивает степень зависимости значения F2 на на-

чальном участке гласного от целевого значения гласного и может быть описан линейным уравнением первого порядка:

$$F2_{\text{onset}} = \alpha * F2_{\text{mid}} + c,$$

где $F2_{\text{onset}}$ – значение F2 гласного на переходном участке с предыдущим согласным;

$F2_{\text{mid}}$ – значение F2 на целевом участке гласного;

α – угол наклона линии регрессии,

c – точка пересечения линии регрессии с осью Y (Y-intercept).

Как отмечает в этой связи Д. Абакарова, исследования, направленные на изучение артикуляторных механизмов и описывающие систематические различия в значениях точек пересечения линии регрессии с осью Y и углах наклона регрессионной прямой, постулируют, что значения Y-intercept непосредственно отражают степень участия языка (оцениваемую по значениям F2) в создании смычки, а углы наклона регрессионной прямой отражают сопротивляемость согласных коартикуляции и связаны с горизонтальным перемещением спинки языка [Abakarova, Iskarous, Noiray 2018].

К настоящему времени выполнен значительный объем исследований с использованием локус-уравнений на материале различных языков. Имеющиеся результаты позволяют сделать вывод об успешном использовании метода локус-уравнений для дифференциации согласных различного МОБР (губных, переднеязычных и заднеязычных) на основе значений переходного и целевого участков F2 последующего гласного. Кроме того, в группе переднеязычных согласных метод позволяет различать альвеолярные, дентальные и ретрофлексные согласные [Lukeš, Fejlova, Skarnitzl 2014; Dutta et al. 2019].

О. Буфферум и М. Будраа, используя значение формант F2 и F3 на начальном участке коартикулируемого гласного, дифференцировали увулярные, фарингальные и ларингальные согласные, характерные для арабского языка [Boufferoum, Budraa 2015]. Исследователи отмечают возможность использования метода локус-уравнений для

описания свойств других артикуляторов (например, губ и челюсти), а также для индивидуальных артикуляторных различий [Iskarous et al. 2013].

В.Б. Кузнецов на материале русского языка выявил методом локус-уравнений статистически достоверные отличия во влиянии губно-губных, переднеязычных и заднеязычных согласных на переходные участки последующих гласных. Автор отмечает, что способ образования преграды – смычный или щелевой – не оказывает влияния на степень коартикуляции гласного с предыдущим согласным [Кузнецов 2018].

Метод локус-уравнений также позволяет оценить степень коартикуляции в СГ-слогах в зависимости от ударности последующего согласного. Как известно, коартикуляция сопровождается наложением речевых жестов соседних звуков. Считается, что увеличение времени контакта в случае безударного звука приводит к увеличению степени коартикуляции [Zellou, Scarborough 2012]. В локус-уравнениях коэффициенты наклона регрессионных прямых безударных гласных превышают аналогичные значения по сравнению с ударными гласными [Кузнецов, Бобров 2019]. В случае произнесения коартикулируемых звуков с эмфатическим ударением значения коэффициента α ниже по сравнению с уравнениями, построенными для ударных гласных, произнесенных с нейтральным ударением [Lindblom et al. 2007]. Кроме того, метод локус-уравнений позволяет оценить зависимость коэффициентов наклона регрессионных прямых от степени подъема языка звуков, предшествующих анализируемому СГ-слогу [Баталин, Сороколетова 2022]. К слабостям метода относят необходимость строить регрессионные прямые отдельно для гласных переднего и заднего рядов в случае их сочетания с заднеязычным [g] [McCarthy, Al-Tamimi 2019]. Вероятно, что подобные ограничения могут быть обусловлены различной сопротивляемостью гласных к коартикуляции: в китайском языке, например, гласные можно расположить по степени возрастания их сопротивления к коартикуляции в следующем порядке: [i] – [u] – [a] [Chen, Chang, Iskarous 2015]. В каталонском наречии гласные по степени их сопротивления коартикуляции располагаются несколько иначе: [i, e] > [a] > [o] > [u] [Recasens, Rodríguez 2016]. Также отмечается тот факт, что при описании коартикуляции зависимость, описывающая положение органа артикуляции в различных временных точках, может носить нелинейный характер (Soskuthy 2017, p. 5).

В русском языке особый интерес с точки зрения изучения коартикуляции представляет группа палатализованных согласных. Как известно, на артикуляторном уровне палатализация сопровождается двумя жестами: перемещением языка в переднюю часть полости рта (первичный артикуляторный жест) и поднятием спинки языка к твердому небу (вторичный артикуляторный жест). Эти жесты являются взаимонезависимыми и по-разному реализуются у губных и переднеязычных согласных (Kochetov 2002, p. 60). В случае заднеязычных со-

гласных палатализация сопровождается поднятием спинки языка к мягкому небу и передней части языка к твердому небу [Frisch, Wodzinski 2016]. В результате в системе русских гласных исследователями выделяются подсистемы аллофонов гласных как в сочетании с непалатализованными, так и палатализованными согласными. Аллофоны второй группы характеризуются более высокими значениями F2 по сравнению с соответствующими звуками первой группы [Lobanov 1971; Ordin 2011]. В настоящее время влияние МОБР мягкого согласного на степень коартикуляции последующего гласного изучено недостаточно полно. Так, согласным приведенным Л.В. Бондарко данным, следует, что переднеязычные мягкие согласные, мягкие губные и мягкие заднеязычные по-разному влияют на значение F2 переходных участков последующих гласных (Бондарко 1977, с. 65). В.Б. Кузнецов, используя метод локус-уравнений и основываясь на совпадении значений F2 на переходных участках гласного после палатализованных согласных различного МОБР, делает вывод об отсутствии влияния МОБР на степень коартикуляции гласных в сочетании с палатализованными согласными как в безударных, так и ударных слогах [Кузнецов, Бобров 2019].

Исходя из вышеизложенного, можно выдвинуть следующие предположения относительно степени коартикуляции русских гласных в сочетании с предыдущими палатализованными согласными:

1) тип ударения (нейтральное vs эмфатическое) может определять степень коартикуляции гласных с предыдущими палатализованными согласными различного МОБР (губные, переднеязычные и заднеязычные) в составе СГ-слов;

2) МОБР согласного не будет определять степень коартикуляции гласных различного подъема в сочетании с предыдущими палатализованными согласными в составе СГ-слов, произнесенных с нейтральным ударением;

3) при произнесении СГ слогов с эмфатическим ударением МОБР согласного не будет оказывать влияния на степень коартикуляции последующих гласных;

4) разные гласные в разной степени коартикулируют с предыдущими согласными в составе слогов, произнесенных с нейтральным и эмфатическим ударением.

Методика организации и проведения эксперимента

Анализ выполнен на материале русских гласных [i], [e], и [æ], входящих в состав квазислов со структурой СГСГ и ударением на первом слоге; в качестве консонантного контекста выступали палатализованные согласные различного МОБР: [pⁱ], [tⁱ] и [kⁱ]. В каждом псевдослове оба согласных и гласных реализовывались одним и тем же звуком, например «пяпя»; в анализируемых словах каждый гласный сочетался с каждым из согласных. Квазислова произносились с ударением на первом слоге и были включены в состав фраз идентич-

ного звукового состава «*Вырос СГСГ сильным*». Фразы были объединены в серии, организованные по принципу латинского квадрата. Каждая из серий озвучивалась по 9 раз сначала с нейтральным, а затем с эмфатическим ударением. В качестве информантов выступили 5 дикторов – мужчин, обладающих стандартным русским произношением; средний возраст дикторов составил 36 лет. Общее количество реализаций – 810 единиц. Перед чтением дикторам предъявлялись образцы звучания фраз с нейтральным и эмфатическим ударением на анализируемом слове на основе следующего микродиалога:

– *Вырос тятя сильным* (ИК-1).

– *Кто? Пятя?*

– *Нет, вырос тятя сильным* (с эмфатическим ударением).

Запись производилась в безэховой студии на микрофон RODE NT1-A рекордером ZOOM-HS, оцифровывающим аналоговый сигнал с частотой 44100 Гц; для проведения измерений частота дискретизации была снижена до 11025 Гц,

16 бит. Измерения выполнялись с использованием программы *Praat*. Точки измерения частоты F2 определялись по широкополосной спектрограмме и осциллограмме. Значение F2_{onset} на СГ-границе измерялось на интервале первого полноценного периода колебаний голосовых связок, целевое значение F2_{mid} определялось на интервале полного периода колебаний голосовых связок в середине стационарного участка траектории F2, в случае повышения или понижения траектории – в середине гласного, в случае выпуклой или вогнутой траектории – в точке перелома траектории, то есть максимального или минимального значения.

Результаты и обсуждение

На рисунке 1 представлены графики локус-уравнений в 5-процентном доверительном интервале, построенные для сочетаний мягких согласных и гласных, произнесенных с нейтральным и эмфатическим ударением. Полученные уравнения статистически значимы при $\alpha = 0,05$; коэффициенты уравнений достоверно отличны от нуля.

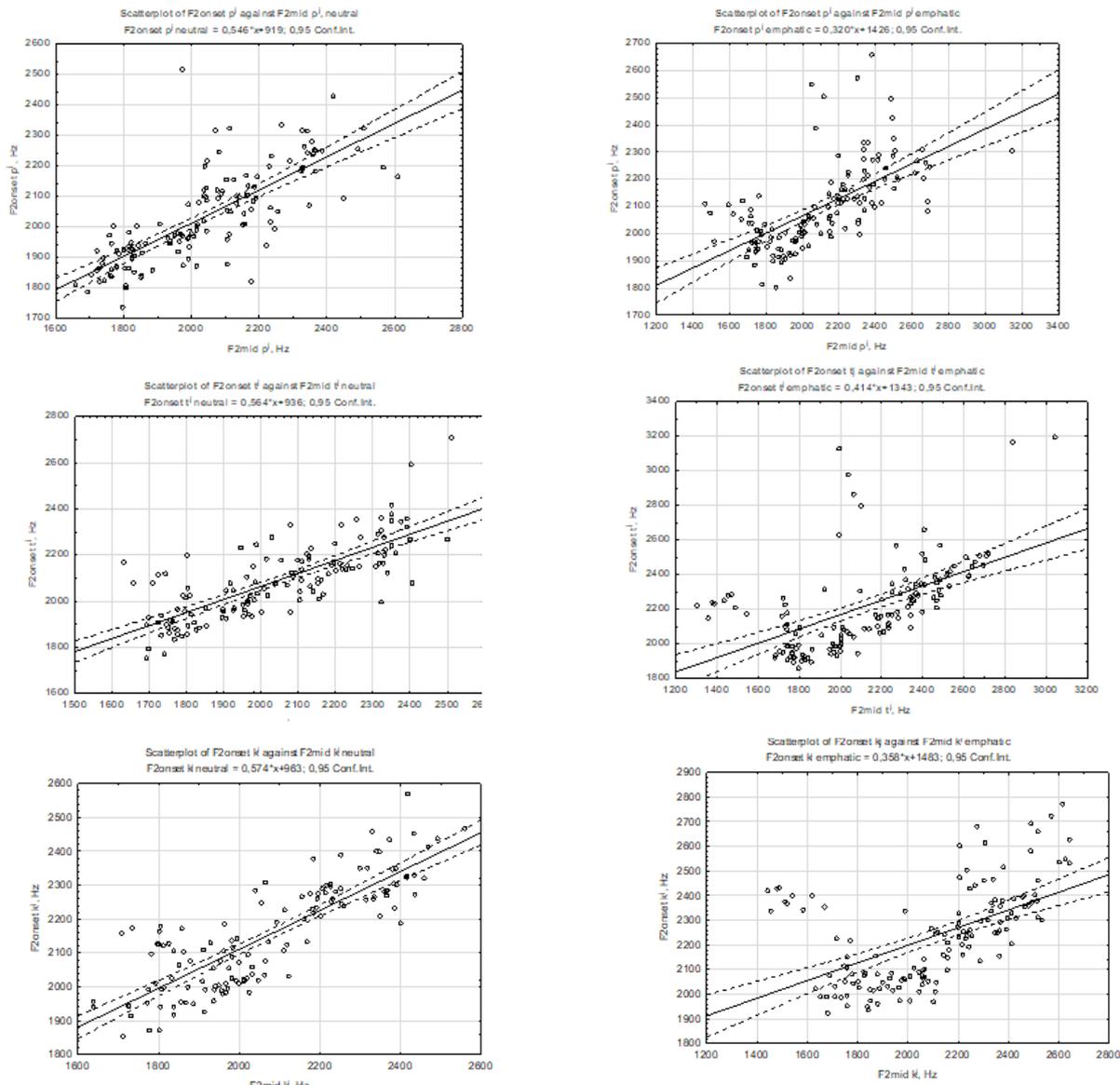


Рисунок 1 – Графики и локус уравнения гласных, произнесенных с нейтральным (а) и эмфатическим (б) ударением
 Figure 1 – Scatterplots and locus equations of the vowels uttered with neutral (a) and emphatic (b) stress

При произнесении анализируемых слов с нейтральным ударением МОБР согласного не оказывал заметного влияния на степень зависимости значения $F2$ переходного участка гласного от значения форманты на целевом участке гласного. Во всех случаях значения коэффициентов корреляции близки, уравнения имеют следующий вид:

$$\text{для } [p^j]: F2_{\text{onset}} = 0,546x + 919; R^2 = 0,63;$$

$$\text{для } [t^j]: F2_{\text{onset}} = 0,564x + 936; R^2 = 0,65;$$

$$\text{для } [k^j]: F2_{\text{onset}} = 0,574x + 963; R^2 = 0,57.$$

Отметим невысокое значение коэффициента R^2 , которое может быть объяснено как использованием одного метода выполнения измерений (БПФ), так и значительным разбросом данных. Значения полученных уравнений и коэффициентов наклона регрессионной прямой близки к значениям Y -intercept уравнения, построенного В.Б. Кузнецовым для сочетаний мягких согласных с гласными в ударных слогах:

$$\text{ударные мягкие: } y = 0,45x + 1118,2.$$

Данные значения регрессионной прямой были получены автором на несколько ином наборе гласных: [а], [и], [у], а также усреднены по мягким согласным ввиду близости значений коэффициентов наклона регрессионной прямой и свободного члена [Кузнецов, Бобров 2019].

Графики линейной регрессии, построенные для слов, произнесенных с эмфатическим ударением, также продемонстрировали близкие значения как коэффициентов наклонов прямых, так и свободных членов. Соответствующие уравнения имеют следующий вид:

$$\text{для } [p^j]: F2_{\text{onset}} = 0,320x + 1426; R^2 = 0,59;$$

$$\text{для } [t^j]: F2_{\text{onset}} = 0,414x + 1343; R^2 = 0,67;$$

$$\text{для } [k^j]: F2_{\text{onset}} = 0,358x + 1483; R^2 = 0,61.$$

Таким образом, при произнесении слов с эмфатическим ударением МОБР согласного, как и в случае с нейтральным ударением, не оказывает значительного влияния на степень коартикуляции последующего гласного с предыдущим мягким согласным.

Сопоставление значений уравнений регрессии для случаев с нейтральным и эмфатическим ударением позволяет отметить следующее:

– повышение значения $F2$ -перехода при эмфатическом ударении по сравнению с нейтральным приблизительно на 400 Гц. Отметим, что в случае с безударными гласными наблюдается противоположная тенденция: значение F -перехода понижается по сравнению с ударными гласными не менее чем на 600 Гц [Кузнецов, Бобров 2019];

– понижение значения коэффициента наклона регрессионных кривых в случае с эмфатическим ударением, что свидетельствует о меньшей коартикуляции гласных, произнесенных с эмфатическим ударением, по сравнению с гласными, произнесенными с нейтральным ударением. При сопоставлении аналогичных значений для ударных и безударных гласных тенденция носит противоположный характер: наклоны кривых в случае с безударными гласными увеличиваются [Кузнецов, Бобров

2019]. Кроме того, в случае с мягким согласным $[g^j]$ уравнения регрессии для гласных, произнесенных с нейтральным и эмфатическим ударением, отличаются как по величине коэффициента α , так и значению Y -intercept, что совпадает с результатами, полученными на материале английского языка, о различии локус-уравнений для гласных переднего и заднего рядов [Lindblom et al. 2007].

Для качественной оценки влияния степени подъема гласного на значения начальных и целевых участков $F2$ при произнесении СГ-слов с различной степенью ударения был выполнен факторный анализ. Результаты подтвердили, что анализируемые гласные различаются по динамике изменения соответствующих значений при сочетании с предыдущими согласными. Статистически достоверные различия были выявлены для СГ-слов с согласными различного МОБР: заднеязычного $[k^j]$: ($F(4, 530) = 6,389$; $p = 0,0005$), губно-губного $[p^j]$: ($F(4, 530) = 6,511$ $p = 0,0004$) и переднеязычного $[t^j]$: ($F(4, 528) = 8,180$; $p = 0,0005$). Соответствующие графики представлены на рисунке 2 и свидетельствуют о различном вкладе гласных в построение линейных зависимостей $F2_{\text{onset}}$ от $F2_{\text{mid}}$ при реализации различных типов ударения.

Рассмотрим более подробно динамику изменений $F2$ на переходном и целевом участках анализируемых гласных; далее будут описываться только статистически значимые расхождения, выявленные с использованием t -критерия Стьюдента для $p < 0,05$. Для каждого из анализируемых гласных при сравнении сопоставлялись следующие величины: $F2_{\text{onset}}$ гласного с нейтральным ударением vs $F2_{\text{onset}}$ гласного с эмфатическим ударением; $F2_{\text{mid}}$ гласного с нейтральным ударением vs $F2_{\text{mid}}$ гласного с эмфатическим ударением; $F2_{\text{onset}}$ vs $F2_{\text{mid}}$ гласного с нейтральным ударением; $F2_{\text{onset}}$ vs $F2_{\text{mid}}$ гласного с эмфатическим ударением. В случае сочетания гласного $[\text{æ}]$ с мягкими согласными во всех случаях наблюдалось максимальное количество расхождений (7 случаев): значения $F2_{\text{onset}}$ переходного участка превышали соответствующие целевые значения $F2_{\text{mid}}$ как при нейтральном, так и при эмфатическом произнесении. Кроме того, в сочетании $[p^j]$ с гласным $[\text{æ}]$ значение перехода $F2_{\text{onset}}$ при нейтральном ударении было ниже значения $F2_{\text{onset}}$ при эмфатическом ударении. Полученные результаты подтверждаются наблюдениями, полученными на материале немецкого языка, о расширении акустического пространства гласного $[\text{æ}]$ при увеличении степени ударности за счет уменьшения значения $F2$ и, соответственно, сдвига гласного назад [Roessig, Winter, Mücke 2022].

У гласных $[i]$ и $[e]$ изменения значений переходных и целевых участков формант носят иной характер. Так, при сочетании $[p^j]$ с гласным $[e]$ значение F_{onset} при нейтральном ударении ниже значения F_{onset} эмфатического ударения. При

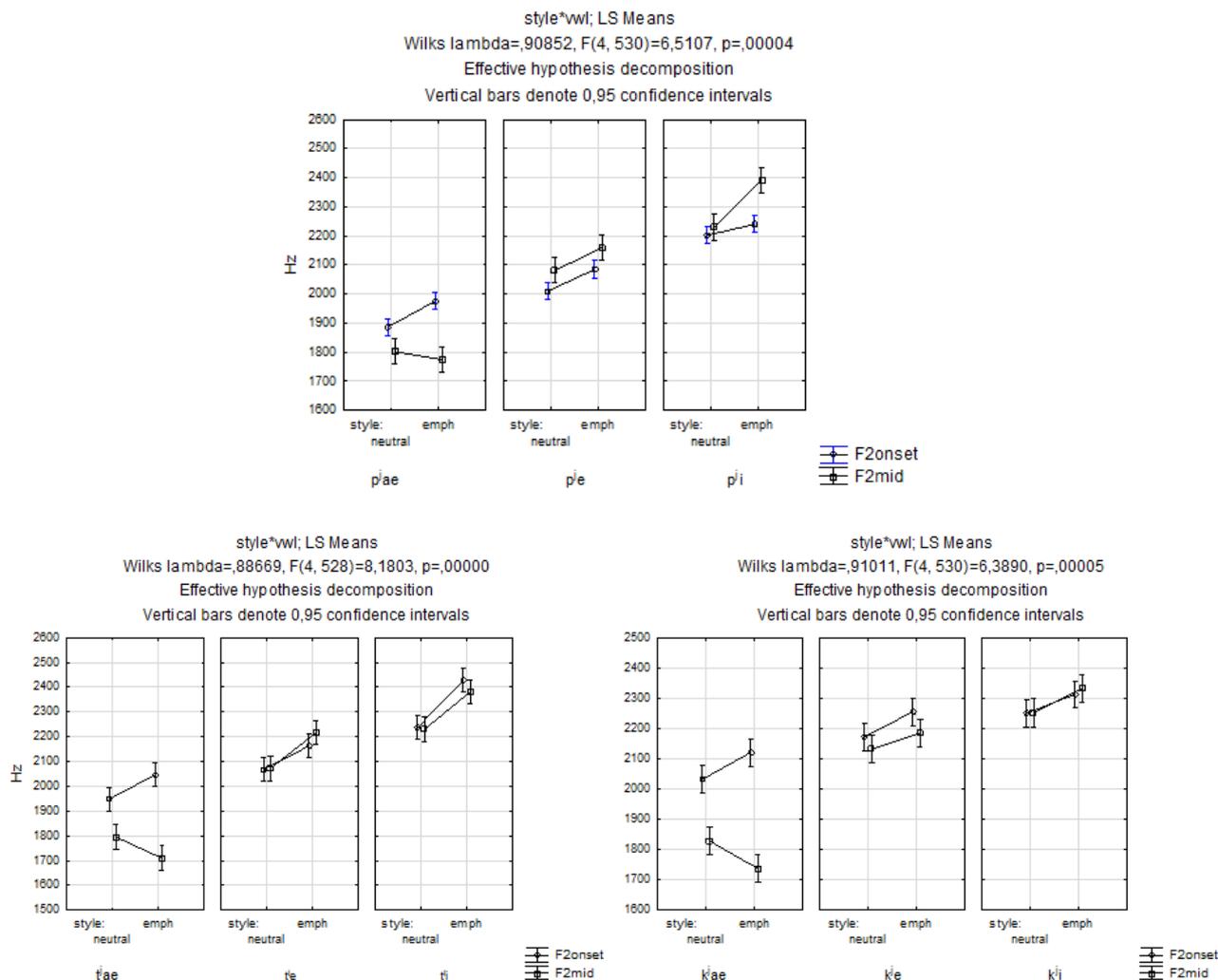


Рисунок 2 – Влияние типа ударения на F2 переходного и целевого участков гласных
 Figure 2 – The impact of prominence type on vowel F2 onsets and targets

сочетании [tʃ] с [e] целевое значение $F2_{mid}$ гласного с нейтральным ударением было ниже целевого значения $F2_{mid}$ гласного, произнесенного с эмфатическим ударением, а величина F_{onset} эмфатического ударения была ниже соответствующего значения на целевом участке анализируемого гласного. При сочетании с [pʰ] статистически достоверные различия для гласного [i] были выявлены в следующих случаях: $F2_{mid}$ целевого участка при нейтральном произнесении было ниже соответствующего значения при эмфатическом произнесении; значение переходного участка $F2_{onset}$ было ниже значения $F2_{mid}$ целевого участка в случае эмфатического ударения. При сочетании [tʃ] с [i] как значения частот начального участка, так и значения частот целевого участка гласного были ниже при нейтральном произнесении по сравнению с эмфатическим произнесением. Для сочетания [kʰ] с [i], как и в случае с [e], статистически достоверных различий выявлено не было.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что анализируемые гласные характеризуются различной динамикой изменения начального и це-

левого значений F2 при нейтральном и эмфатическом ударении. Если для гласного [æ] было зафиксировано 7 случаев статистически достоверных различий, то в случае с гласными [e] и [i] такое же количество различий было зафиксировано в совокупности для обоих звуков. Кроме того, изменения значений $F2_{onset}$ и $F2_{mid}$ рассматриваемых гласных разнонаправленны: в случае с гласным [æ] наблюдается уменьшение целевого значения $F2_{mid}$ при произнесении гласного с эмфатическим ударением по сравнению с нейтральным; кроме того, значения переходных участков $F2_{onset}$ превышают значения целевых участков $F2_{mid}$. В случае с гласными /e/ и /i/ значения $F2_{onset}$ переходных участков, а также $F2_{mid}$ целевых участков совпадают в большинстве случаев, а в случае эмфатического ударения у гласного [i] наблюдается увеличение значений $F2_{mid}$. Из представленных на рисунке 2 графиков также можно заключить, что размах изменений для гласного [æ] выше.

Полученные результаты удобно объяснить исходя из места гласных в артикуляционном пространстве. Очевидно, при произнесении звука [i],

являющегося гласным высокого подъема, остается некоторое артикуляционное пространство, которое позволяет продвинуть массу языка вперед в случае эмфатического ударения. При произнесении гласного [e], являющегося гласным среднего подъема, такая возможность крайне ограничена. В случае с гласным [æ] говорящему, очевидно, проще сместить язык в отодвинутое назад положение при произнесении звука с эмфатическим ударением. Полученные результаты совпадают с наблюдениями о характере расширения акустического пространства, полученными на материале английского [Lindblom, Winter, Mücke 2007] и немецкого [Roessig, Winter, Mücke 2022] языков. Как следствие, значения коэффициентов угла наклона прямой и свободного члена локус-уравнений в значительной степени определяются набором гласных, выбранных для построения регрессионной прямой.

Материалы исследования

Kochetov 2002 – *Kochetov A.* Production, perception, and emergent phonotactic patterns: A case of contrastive palatalization. Thesis (Ph. D.), University of Toronto / Kochenov A. New York: Routledge, 2001. 385 p. Available at: <http://roa.rutgers.edu/files/469-1001/469-1001-KOCHETOV-0-0.PDF> (accessed 11.07.2023).

Sóskuthy 2017 – *Sóskuthy M.* Generalised additive mixed models for dynamic analysis in linguistics: a practical introduction. Working Paper. Available at: https://eprints.whiterose.ac.uk/113858/2/1703_05339v1.pdf (accessed 11.07.2023).

Бондарко 1977 – *Бондарко Л.В.* Звуковой строй современного русского языка. Москва: Просвещение, 1977. 175 с.

Библиографический список

Abakarova, Iskarous, Noiray 2018 – *Abakarova D., Iskarous K., Noiray A.* Quantifying lingual coarticulation in German using mutual information: An ultrasound study // *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2018. Vol. 144, issue 2. P. 897–907. DOI: <http://doi.org/10.1121/1.5047669>.

Bouferroum, Boudraa 2015 – *Bouferroum O., Boudraa M.* CV coarticulation, locus and locus equation perspective on the invariance issue involving Algerian Arabic consonants // *Journal of Phonetics*. 2015. Vol. 50. P. 120–135. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.wocn.2015.03.002>.

Chen, Chang, Iskarous 2015 – *Chen W.-r., Chang Y.-c., Iskarous K.* Vowel coarticulation: Landmark statistics measure vowel aggression // *Journal of the Acoustical Society of America*. 2015. Vol. 138, issue 2. Pp. 1221–1232. DOI: <https://doi.org/10.1121/1.4928307>.

Dutta et al. 2019 – *Dutta I., Redmon Ch., Krishnaswamy M., Chandran S., Raj N.* Articulatory complexity and lexical contrast density in models of coronal coarticulation in Malayalam // *Proceedings of the 19th International Congress of Phonetic Sciences*. Eds.: Calhoun S., Escudero P., Marija Tabain M., Warren P. Melbourne, Australia. Canberra, Australia: Australasian Speech Science and Technology Association Inc. P. 1992–1996. URL: https://www.internationalphoneticassociation.org/icphs-proceedings/ICPhS2019/papers/ICPhS_2041.pdf.

Frisch, Wodzinski 2016 – *Frisch S.A., Wodzinski S.M.* Velar-vowel coarticulation in a virtual target model of stop production // *Journal of Phonetics*. May 2016. P. 52–65. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.wocn.2016.01.001>.

Iskarous et al. 2013 – *Iskarous K., Mooshammer C., Hoole P., Recasens D., Shadle C.H., Saltzman E., Whalen D.H.* The coarticulation/invariance scale: Mutual information as a measure of coarticulation resistance, motor synergy, and articulatory invariance // *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2013. Vol. 134, issue 2. P. 1271–1282. DOI: <http://doi.org/10.1121/1.4812855>.

Lindblom 1963 – *Lindblom B.* Spectrographic Study of Vowel Reduction // *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1963. Vol. 35, issue 5_Supplement. P. 1773–1781. DOI: <http://doi.org/10.1121/1.2142410>

Lindblom et al. 2007 – *Lindblom B., Agwuele A., Sussman H.M., Cortes E.E.* The effect of emphatic stress on consonant vowel coarticulation // *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2007. Vol. 121, issue 6. P. 3802–3813. DOI: <http://doi.org/10.1121/1.2730622>.

Lobanov 1971 – *Lobanov B.* Classification of Russian Vowels Spoken by Different Speakers // *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1971. Vol. 49, issue 2B. P. 606–608. DOI: <http://doi.org/10.1121/1.1912396>.

Выводы

1) Тип ударения (нейтральное vs эмфатическое) будет определять степень коартикуляции русских палатализованных гласных переднего ряда с предыдущими согласными различного МОБР (губными, переднеязычными и заднеязычными).

2) МОБР согласного не оказывает заметного влияния на степень коартикуляции гласных переднего ряда в СГ-словах, произнесенных с нейтральным ударением.

3) При произнесении СГ-слов с эмфатическим ударением МОБР согласного не будет оказывать влияния на степень СГ коартикуляции гласных переднего ряда при их сочетании с согласными различного МОБР.

4) Подъем гласного в значительной степени определяет динамику изменения значений начального и переходного участков F2 при произнесении слов с нейтральным и эмфатическим ударением.

Lukeš, Fejlova, Skarnitzl 2014 – *Lukeš D., Fejlova D., Skarnitzl R.* Variability of Czech Alveolar Plosives: A Locus Equation Perspective // *Acta Universitatis Carolinae. Philologica 1. Phonetica Pragensia XIII*. P. 21–31. URL: https://karolinum.cz/data/clanek/277/Philologica_1_2014_03_Lukes.pdf.

McCarthy, Al-Tamimi 2019 – *McCarthy D., Al-Tamimi J.* The Acoustic Influence of V1 on the Onset of V2 in Intervocalic Voiced Plosives // *Proceedings of INTERSPEECH 2019 20th Annual Conference of the International Speech Communication Association*. September 15–19. Graz, Austria. Proceeding, 2019.

Ordin 2011 – *Ordin M.* Palatalization and Intrinsic Prosodic Vowel Features in Russian // *Language and Speech*. 2011. Vol. 54, issue 4. P. 547–568. DOI: <http://doi.org/10.1177/0023830911404962>.

Recasens, Rodríguez 2016 – *Recasens D., Rodríguez C.* A study on coarticulatory resistance and aggressiveness for front lingual consonants and vowels using ultrasound // *Journal of Phonetics*. 2016. Vol. 59. P. 58–75. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wocn.2016.09.002>.

Roessig, Winter, Mücke 2022 – *Roessig S., Winter B., Mücke D.* Tracing the Phonetic Space of Prosodic Focus Marking // *Frontiers in Artificial Intelligence*. 2022. Vol. 5. DOI: <http://doi.org/10.3389/frai.2022.842546>.

Zellou, Scarborough 2012 – *Zellou G., Scarborough R.* Nasal Coarticulation and Contrastive Stress // *Proceedings of INTERSPEECH 2012 ISCA's 13th Annual Conference*. September 9–13. 2012. Portland, OR, USA, 2012. P. 2686–2689. URL: https://www.researchgate.net/publication/281322013_Nasal_Coarticulation_and_Contrastive_Stress (accessed 11.07.2023). DOI: <http://dx.doi.org/10.21437/Interspeech.2012-667>.

Баталин, Сороколетова 2022 – *Баталин С.В., Сороколетова Н.Ю.* Зависимость степени коартикуляции согласного и гласного от типа ударения // *Вестник Пермского университета. Российская и зарубежная филология*. 2022. Т. 14, № 4. С. 15–23. DOI: <http://doi.org/10.17072/2073-6681-2022-4-15-23>.

Кузнецов 2018 – *Кузнецов В.Б.* СГ-коартикуляция и место образования согласного в русском языке. Данные локус-уравнений // *Вестник Московского государственного лингвистического университета. Гуманитарные науки*. 2018. Вып. 6 (797). С. 21–28. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sg-koartikulyatsiya-i-mesto-obrazovaniya-soglasnogo-v-russkom-yazyke-dannye-lokus-uravneniy/viewer>.

Кузнецов, Бобров 2019 – *Кузнецов В.Б., Бобров Н.В.* Место образования мягких согласных и формантные переходы F2 вокалического окружения в русской речи // *Вестник Московского государственного лингвистического университета. Гуманитарные науки*. 2019. Вып. 11 (827). С. 69–74. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mesto-obrazovaniya-myagkih-soglasnyh-i-formantnye-perehody-f2-vokalicheskogo-okruzeniya-v-russkoy-rechi/viewer>.

References

Abakarova, Iskarous, Noiray 2018 – *Abakarova D., Iskarous K., Noiray A.* (2018) Quantifying lingual coarticulation in German using mutual information: An ultrasound study. *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 144, issue 2, pp. 897–907. DOI: <http://doi.org/10.1121/1.5047669>.

Bouferroum, Boudraa 2015 – *Bouferroum O., Boudraa M.* (2015) CV coarticulation, locus and locus equation perspective on the invariance issue involving Algerian Arabic consonants. *Journal of Phonetics*, vol. 50, pp. 120–135. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.wocn.2015.03.002>.

Chen, Chang, Iskarous 2015 – *Chen W.-r., Chang Y.-c., Iskarous K.* (2015) Vowel coarticulation: Landmark statistics measure vowel aggression. *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 138, issue 2, pp. 1221–1232. DOI: <https://doi.org/10.1121/1.4928307>.

Dutta, Redmon, Krishnaswamy, Chandran, Raj 2019 – *Dutta I., Redmon Ch., Krishnaswamy M., Chandran S., Raj N.* (2019) Articulatory complexity and lexical contrast density in models of coronal coarticulation in Malayalam. In: *Sasha Calhoun, Paola Escudero, Marija Tabain & Paul Warren (Eds.) Proceedings of the 19th International Congress of Phonetic Sciences, Melbourne, Australia 2019*. Canberra, Australia: Australasian Speech Science and Technology Association Inc., pp. 1992–1996. URL: https://www.internationalphoneticassociation.org/icphs-proceedings/ICPhS2019/papers/ICPhS_2041.pdf.

Frisch, Wodzinski 2016 – *Frisch S.A., Wodzinski S.M.* (2016) Velar–vowel coarticulation in a virtual target model of stop production. *Journal of Phonetics*, May, pp. 52–65. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.wocn.2016.01.001>.

Iskarous et al. 2013 – *Iskarous K., Mooshammer C., Hoole P., Recasens D., Shadle C.H., Saltzman E., and Whalen D.H.* (2013) The coarticulation/invariance scale: Mutual information as a measure of coarticulation resistance, motor synergy, and articulatory invariance. *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 134, issue 2, pp. 1271–1282. DOI: <http://doi.org/10.1121/1.4812855>.

Lindblom 1963 – *Lindblom B.* (1963) Spectrographic Study of Vowel Reduction. *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 35, issue 5_Supplement, pp. 1773–1781. DOI: <http://doi.org/10.1121/1.2142410>.

Lindblom, Agwuele, Sussman, Cortes 2007 – *Lindblom B., Agwuele A., Sussman H.M., Cortes E.E.* (2007) The effect of emphatic stress on consonant vowel coarticulation. *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 121, issue 6, pp. 3802–3813. DOI: <http://doi.org/10.1121/1.2730622>.

- Lobanov 1971 – Lobanov B. (1971) Classification of Russian Vowels Spoken by Different Speakers. *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 49, issue 2B, pp. 606–608. DOI: <http://doi.org/10.1121/1.1912396>.
- Lukeš, Fejlova, Skarnitzl 2014 – Lukeš D., Fejlova D., Skarnitzl R. (2014) Variability of Czech Alveolar Plosives: A Locus Equation Perspective. *Acta Universitatis Carolinae. Philologica 1. Phonetica Pragensia XIII*, pp. 21–31. Available at: https://karolinum.cz/data/clanek/277/Philologica_1_2014_03_Lukes.pdf.
- McCarthy, Al-Tamimi 2019 – McCarthy D. and Al-Tamimi J. (2019) The Acoustic Influence of V1 on the Onset of V2 in Intervocalic Voiced Plosives. *INTERSPEECH 2019 20th Annual Conference of the International Speech Communication Association, September 15–19, Graz, Austria, Proceeding*.
- Ordin 2011 – Ordin M. (2011) Palatalization and Intrinsic Prosodic Vowel Features in Russian. *Language and Speech*, vol. 54, issue 4, pp. 547–568. DOI: <https://doi.org/10.1177/0023830911404962>.
- Recasens, Rodríguez 2016 – Recasens D., Rodríguez C. (2016) A study on coarticulatory resistance and aggressiveness for front lingual consonants and vowels using ultrasound. *Journal of Phonetics*, vol. 59, pp. 58–75. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wocn.2016.09.002>.
- Roessig, Winter, Mücke 2022 – Roessig S., Winter B., Mücke D. (2022) Tracing the Phonetic Space of Prosodic Focus Marking. *Frontiers in Artificial Intelligence*, vol. 5. DOI: <http://doi.org/10.3389/frai.2022.842546>.
- Zellou, Scarborough 2012 – Zellou G., Scarborough R. (2012) Nasal Coarticulation and Contrastive Stress. In: *INTERSPEECH 2012 ISCA's 13th Annual Conference. September 9–13. Portland, OR, USA*, pp. 2686–2689. Available at: https://www.researchgate.net/publication/281322013_Nasal_Coarticulation_and_Contrastive_Stress (accessed 11.07.2023). DOI: <http://dx.doi.org/10.21437/Interspeech.2012-667>.
- Batalin, Sorokoletova 2022 – Batalin S.V., Sorokoletova N.Yu. (2022) The Impact of Prominence on CV Coarticulation. *Perm University Herald. Russian and Foreign Philology*, vol. 14, issue 4, pp. 15–23. DOI: <http://doi.org/10.17072/2073-6681-2022-4-15-23>. (In Russ.)
- Kuznetsov 2018 – Kuznetsov V.B. (2018) CV-coarticulation and consonant place of articulation in Russian. Locus equation data. *Vestnik of Moscow State Linguistic University. Humanities*, issue 6 (797), pp. 21–28. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sg-koartikulyatsiya-i-mesto-obrazovaniya-soglasnogo-v-russkom-yazyke-dannye-lokus-uravneniy/viewer>. (In Russ.)
- Kouznetsov, Bobrov 2019 – Kuznetsov V.B., Bobrov N.V. (2019) Articulation place of palatalized consonants and F2 formant transitions of surrounding vowels in Russian speech. *Vestnik of Moscow State Linguistic University. Humanities*, issue 11 (827), pp. 69–74. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mesto-obrazovaniya-myagkih-soglasnyh-i-formantnye-perehody-f2-vokalicheskogo-okruzheniya-v-russkoy-rechi/viewer>. (In Russ.)