

УДК 811.161.1.34

doi 10.17072/2073-6681-2022-4-15-23

Зависимость степени коартикуляции согласного и гласного от типа ударения

Сергей Васильевич Баталин

к. филол. н., доцент кафедры «Иностранные языки»

Волгоградский государственный технический университет

400005, Россия, г. Волгоград, просп. Ленина, 28. sbat_2009@mail.ru

SPIN-код: 5161-4516

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3435-9797>

ResearcherID: M-7747-2019

Наталья Юрьевна Сороколетова

к. филол. н., доцент кафедры теории и практики перевода и лингвистики

Волгоградский государственный университет

400062, Россия, г. Волгоград, просп. Университетский, 100. sorokoletovanat@volsu.ru

SPIN-код: 2768-7665

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6680-0911>

ResearcherID: W-2164-2017

*Статья поступила в редакцию 06.04.2022**Одобрена после рецензирования 12.09.2022**Принята к публикации 21.09.2022***Информация для цитирования**

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, вып. 4. С. 15–23. doi 10.17072/2073-6681-2022-4-15-23

Аннотация. Анализируется влияние типа ударения (нейтральное vs эмфатическое) на степень коартикуляции согласного и последующего гласного. Актуальность работы обусловлена практическими задачами синтеза и распознавания звучащей речи, при этом существующий объем исследований на материале русского языка недостаточен. Количественная оценка коартикуляции выполнена с использованием метода локус-уравнений. Экспериментальный материал представлен псевдословами со структурой СГСГ с ударением на первом слоге, при этом согласные и гласные реализовывались одним и тем же звуком. В качестве согласных выступали губно-губной, переднеязычный и заднеязычный звонкие смычные согласные – соответственно [b], [d] и [g]; в качестве гласных – непалатализованные гласные [ɛ], [ɑ] и [u]. В роли информантов было привлечено 6 мужчин; акустический анализ выполнен с использованием программы Praat методами быстрого преобразования Фурье и линейного предиктивного кодирования. Установлено, что в зависимости от места образования согласного уравнения линейной регрессии для СГ-перехода различаются по точке пересечения с осью Y и по углу наклона регрессионной прямой в случае гласных, произнесенных как с нейтральным, так и с эмфатическим ударением. Сопоставление линейных уравнений для СГ-переходов согласных одинакового места образования выявило количественные различия в степени коартикуляции губно-губного и переднеязычного согласных, выраженные как в сдвиге регрессионной прямой по оси Y, так и в угле наклона линии регрессии. В случае заднеязычного согласного наблюдалось различие в уравнениях регрессии по величине свободного члена и совпадение по углу наклона регрессионных прямых. Полученные результаты интерпретированы на основе сопоставления с имеющимися в литературе данными.

Ключевые слова: форманта; формантные треки; формантные переходы; линейная регрессия; локус; локус-уравнение; коартикуляция.

Вступление

Как известно, артикуляция звуков в потоке речи в значительной степени определяется процессами ассимиляции и аккомодации, обусловленными влиянием фонетического контекста. Описание качественных и количественных характеристик этих процессов является актуальной задачей для решения проблем распознавания и синтеза речи. В качестве одного из аналитических способов выявления места образования согласного (МОБР) используется описание соотношения значений частоты форманты F2 на переходном и целевом участках гласного в СГ-словах. Данный метод был предложен Б. Линдбломом, выявившим наличие линейной зависимости между значениями частоты F2 безударных гласных на участке перехода от согласного к гласному и значениями F2 этого же гласного при достижении им целевой артикуляции [Lindblom 1963: 1777]. Было установлено, что согласные с различными МОБР отличаются как степенью наклона регрессионной прямой, так и значениями коэффициента свободного члена, описывающего сдвиг регрессионной прямой по оси Y. Само уравнение получило название локус-уравнения и может быть представлено в следующем виде:

$$F2_{\text{начальн}} = \alpha F2_{\text{целев}} + c,$$

где F2_{начальн} – значение второй форманты на участке перехода гласного от предшествующего согласного;

F2_{целев} – значение второй форманты гласного на целевом участке; α – угол наклона регрессионной прямой;

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

α – коэффициент регрессии.

Величина α характеризует степень коартикуляции МОБР согласного с последующим гласным: при угле наклона, равном нулю, значение F2 на начальном участке гласного не зависит от значения F2 на целевом участке и степень коартикуляции согласного и гласного отсутствует. Если значение угла наклона α равно 1, то коартикуляция согласного с гласным максимальна.

Необходимо отметить перцептивную значимость локус-уравнений, построенных на основе экспериментальных данных: установлено, что степень коартикуляции согласных с различным МОБР по-разному воспринимается в речи нормально слышащих и лиц с потерей слуха. По наблюдениям Х. Моррисон, в СГ-словах степень регрессивной аккомодации у дикторов с потерей слуха может превышать или, наоборот, быть

меньше аналогичных значений по сравнению с речью дикторов с нормальным слухом. Нарушение коартикуляции приводит к перекрытию акустических пространств, занимаемых согласными с различным МОБР и, соответственно, неразборчивости речи [Morrison 2008]. Кроме того, Дж. Берри и Г. Вейсмер отмечают, что сохранение одинаковой степени коартикуляции в слогах, произнесенных с замедленным и нормальным темпом, хотя и не приводит к неразборчивости высказывания, звучит неестественно [Berry, Weismer 2013].

Поскольку локус-уравнения описывают количественный аспект коартикуляции, естественно, что количественные показатели зависят от факторов, определяющих качественные аспекты коартикуляции. Основная часть исследований локус-уравнений выполнена на материале согласных /b/, /d/ и /g/, представляющих различные классы согласных с точки зрения места образования преграды (губные, переднеязычные и велярные). Локус-уравнения могут эффективно описывать коартикуляцию с другими типами постпалатальных согласных (фарингальными, увулярными и гортанными), используемыми, например, в арабском языке [Bouferroum, Boudraa 2015]. При этом, согласно общепринятой точке зрения, гласные наиболее легко коартикулируют с заднеязычными согласными, а степень коартикуляции с переднеязычными минимальна. Кроме того, В. Б. Кузнецов отмечает, что способ образования согласных в ударных и безударных слогах не играет существенной роли в формировании F2 перехода: уравнения регрессии фрикативных согласных не отличаются от соответствующих взрывных [Кузнецов 2018: 27]. Тем не менее К. Фаулер выявила, что наклон линии регрессии для щелевых несколько превышает наклон прямой для смычных, и объяснила этот факт более строгими артикуляционными требованиями к артикуляции щелевых по сравнению со смычными [Fowler 1994: 600].

Наиболее распространенной теорией, объясняющей различие в степени коартикуляции гласных и согласных с различными МОБР, является сопротивляемость согласного звука коартикуляции. Данный термин был предложен Д. Рекасенсом, который определял степень коартикуляционного сопротивления через стандартное отклонение начального участка F2. Меньшее значение стандартного отклонения начального участка F2 соответствовало большему сопротивлению коартикуляции в результате ограничений, накладываемых артикуляцией согласного [Recasens 1985: 102]. Другими словами, степень со-

противления коартикуляционного жеста согласного влиянию соседних движений является инвариантной для всех гласных и определяется только МОБР согласного. Исходя из данного тезиса, исследователи часто проводят усреднение данных по гласным независимо от их качества. Тем не менее имеющиеся данные позволяют поставить под сомнение вышесказанное допущение. Так, Дж. Берри и Г. Вейсмер установили, что локус-уравнения при усреднении значений в группе кратких гласных, а также гласных высокого подъема совпадают с локус-уравнениями, полученными при усреднении значений для 10 гласных. При усреднении значений в группе гласных низкого подъема наблюдалось увеличение наклона регрессионной прямой, а в группе гласных заднего ряда наклон прямой был наименьшим [Berry, Weismer 2013: 475]. Отмечаются статистически достоверные различия по углу наклона регрессионной прямой и значению свободного члена при сочетании одного и того же согласного с долгими и краткими гласными [Abuoudeh, Crouzet 2014]. Кроме того, выявлены различия в уравнениях регрессии гласных переднего vs заднего ряда в сочетании с заднеязычным /g/ [Sussmann, McCaffrey, Matthews 1991; Lindblom et al. 2007; Berry, Weismer 2013].

Необходимо отметить, что для русского языка влияния МОБР палатализованного согласного на начальное значение F2 перехода в сочетании с последующим гласным выявлено не было [Бондарко 1977: 85; Кузнецов 2018]. Что касается мягких переднеязычных [t^h, s^h] и заднеязычных согласных [k^h, x^h], то локус-уравнения для них статистически достоверно не различаются и могут быть противопоставлены только мягким губным [Кузнецов, Бобров 2019].

В роли одного из важных факторов, определяющих степень наложения артикуляционных жестов, выступает ударение: общепринятой является точка зрения, согласно которой большая выделенность гласного сопровождается меньшей степенью коартикуляции с соседним согласным [Zellou 2012: 2686], что, в свою очередь, определяется длительностью смычки [Lindblom, Sussman, Agwuele 2009]. В случае с локус-уравнениями угол наклона регрессионной прямой ударного гласного должен сопровождаться меньшим значением по сравнению с гласными, произнесенными с меньшей степенью выделенности или без ударения. Однако имеющиеся экспериментальные данные противоречивы. Так, Б. Линдблом выявил, что в случае с /d/, произнесенным с эмфатическим ударением, наклон регрессионной прямой становится меньше по сравнению с обычным ударени-

ем, в случае с /b/ изменения угла наклона пренебрежительно малы для гласных, произнесенных с различной степенью выделенности, а в случае с /g/ изменение угла наклона регрессионной прямой может быть обусловлено междикторскими различиями [Lindblom et al. 2007: 3807]. Данные, полученные В. Б. Кузнецовым на материале мягких согласных русского языка, показывают, что значение углового коэффициента больше для мягких согласных в безударном слоге по сравнению с ударными слогами, и локус-уравнения имеют следующий вид:

– мягкие согласные в ударном слоге:
 $Y = 0,45x + 1118,2$ ($R^2 = 0,63$);

– мягкие согласные в безударном слоге:
 $Y = 0,74x + 511,5$ ($R^2 = 0,71$) [Кузнецов, Бобров 2019].

Таким образом, значительный разброс имеющихся в литературе экспериментальных данных свидетельствует о необходимости проведения дополнительных исследований в области функционирования локус-уравнений. При этом представляется логичным исходить из предположения, что локус-уравнения не только должны отражать различную степень влияния МОБР согласного на степень коартикуляции с последующим гласным, но и будут определяться типом ударения (нейтральное vs эмфатическое), с которым произносится гласный.

Методика организации и проведения эксперимента

Анализ выполнен на материале гласных [ε], [α] и [u], входящих в состав квазислов со структурой СГСГ и ударением на первом слоге; в качестве консонантного контекста выступали непалатализованные согласные [b], [g] и [d]. Оба согласных и гласных реализовывались одним и тем же звуком, например «баба». Квазислова были включены во фразы идентичного звукового состава «Вырос СГСГ сильным» и объединены в группы, в каждой из которых анализируемое слово представляло последовательное сочетание каждого гласного с каждым из согласных. Из групп по принципу латинского квадрата были сформированы серии, каждая из которых озвучивалась по 9 раз сначала с нейтральным, а затем с эмфатическим ударением. Материал был озвучен 6 дикторами – мужчинами, обладающими стандартным русским произношением; средний возраст информантов составил 37 лет. Общее количество реализаций составило 972 единицы. Перед чтением дикторам предъявлялись образцы звучания фраз с нейтральным и эмфатическим ударением на анализируемом слове во всех по-

зициях в составе фразы с использованием следующего микродиалога:

– Вырос баба сильным (ИК-1).

– Кто? Папа?

– Нет, вырос **баба** сильным (с эфатическим ударением).

Запись производилась в безэховой студии на микрофон RODE NT1-A и рекордером ZOOM-HS, оцифровывающим аналоговый сигнал с частотой 44 100 Гц; для проведения измерений частота дискретизации была снижена до 11 025 Гц, 16 бит. Точки измерения частоты F2 определялись по спектрограмме и осциллограмме. Спектр F2 на СГ-границе измерялся на интервале первого полноценного периода колебаний голосовых связок, целевое значение F2 определялось на интервале полного периода колебаний голосовых связок в середине стабилизированного участка

траектории F2, в случае повышения или понижения траектории – в середине гласного, в случае выпуклой или вогнутой траектории – в точке перелома траектории, т. е. максимального или минимального значения.

Для акустического анализа были использованы метод быстрого преобразования Фурье (БПФ) и метод линейного предиктивного кодирования (ЛПК) в программе Praat. Использовался метод автокорреляции, порядок предсказания был выбран равным 24. Для расчета регрессионных прямых использовалось среднее значение, полученное на основе измерений обоими способами; в случае расхождения более чем на 20 % результаты исключались. Коэффициент корреляции измерений, полученных методами БПФ и ЛПК, составил 0,89. На рис. 1 представлен пример измерения данных с использованием обоих методов.

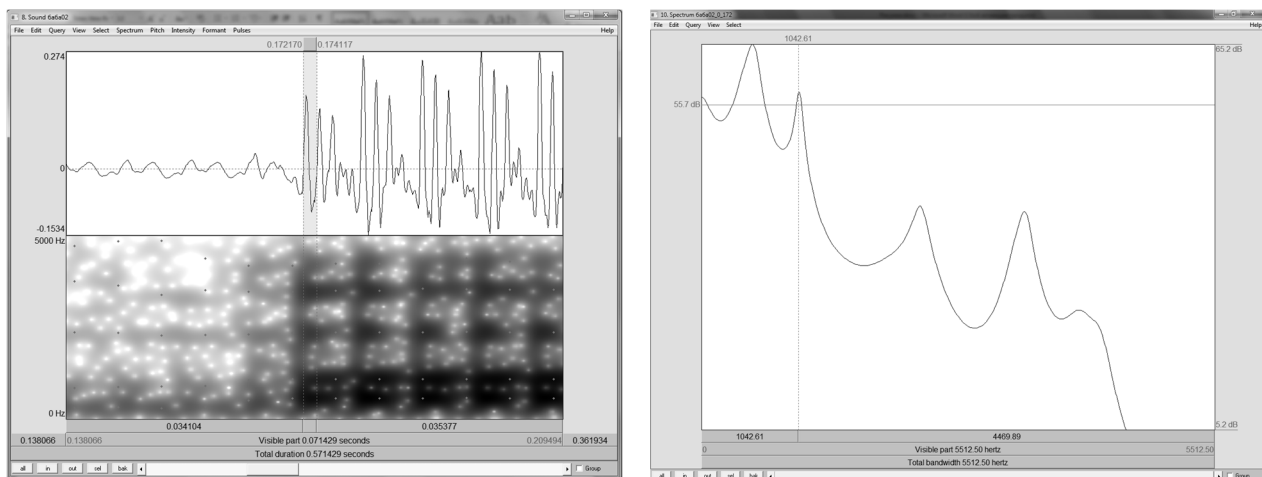


Рис. 1. Измерение значения F2 на переходном участке СГ слова «баба» методами быстрого преобразования Фурье и линейного предиктивного кодирования

Fig. 1. Measuring F2 Values at the CV Transition of the Word ‘Baba’ with FFT and LPC Methods

Результаты и обсуждение

На рис. 2, а представлены графики регрессионных прямых для гласных, произнесенных с нейтральным ударением в сочетании с предшествующими согласными различного МОБР.

Все уравнения статистически значимы при $\alpha = 0,05$; все их коэффициенты статистически достоверно отличны от нуля. Также необходимо отметить высокое качество построенных графиков: полученные уравнения регрессии объясняют 79 % вариативности начального участка F2 для /б/, соответствующие значения R^2 для /д/ составляют 83 % и для /г/ – 91 %.

Полученные уравнения линейной регрессии отличаются в зависимости от МОБР согласного как по углу наклона, так и по значению пересечения линии регрессии с осью Y. Наклон регрессионной прямой максимален в случае сочетания гласного с заднеязычным согласным и минимален в случае переднеязычного согласного, а сами уравнения имеют следующий вид:

$$\begin{aligned} \text{для /б/: } Y &= 0,520x + 420,5; \\ \text{для /д/: } Y &= 0,491x + 723,4; \\ \text{для /г/: } Y &= 0,990x + 112,0. \end{aligned}$$

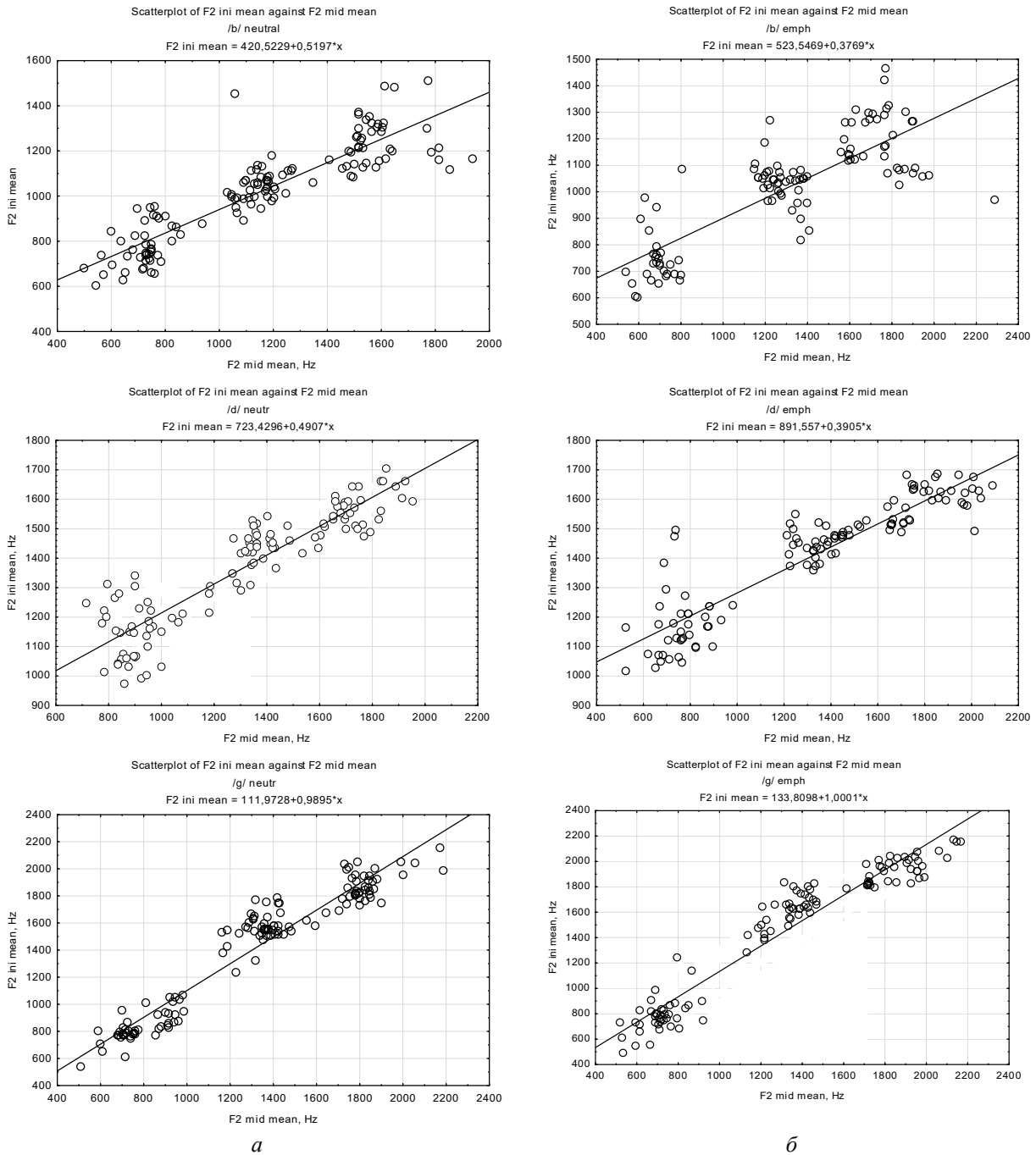


Рис. 2. Графики и локус-уравнения гласных. Произнесенных с нейтральным (а) и эмфатическим (б) ударением
 Fig. 2. Scatterplots and Locus Equations for the Vowels Uttered with Neutral (a) and Emphatic (b) Stress

Таким образом, полученные результаты подтверждают имеющиеся в литературе данные о противопоставлении гласных по F2 переходу для согласных различного места образования. Рассмотрим количественные параметры полученных уравнений. Как следует из экспериментальных данных, максимальный наклон регрессионной прямой наблюдается для заднеязычного согласного /g/, что вполне согласуется с положением о наименьшем сопротивлении коартикуляции заднеязычных согласных. Что касается /b/, то наклон регрессионной прямой несколько превышает аналогичное значение для /d/ и также со-

гласуется с результатами, полученными на материале других языков [Boufferoum, Boudraa 2015; Sussman, McCaffrey, Matthews 1991; Baillargeon et al. 2002]. С другой стороны, при сопоставлении с результатами, полученными В. Б. Кузнецовым, уравнение для губно-губного /p/ имеет следующий вид: $Y = 0,36x + 0,497$, т. е. наклон регрессионной прямой минимален [Кузнецов 2018]. При этом все авторы отмечают минимальную коартикуляцию губных согласных с последующим гласным, что обусловлено использованием разных артикуляторов: губ и языка. Указанные выше противоречия в полученных дан-

ных можно объяснить, если учесть артикуляцию звука, предшествующего губному согласному. Так, в работах О. Буфферума и Г. Суссмана использовался стандартный контекст «Say CVC again» [Boufferoum, Boudraa 2015; Sussman, McCaffrey, Matthews 1991], т. е. в случае с [b] положение языка могло определяться его артикуляцией звука [ei], в нашем эксперименте – коартикуляцией с согласным /s/. В эксперименте В. Б. Кузнецова в качестве гласного, предшествующего [p], выступал безударный вариант последующего ударного гласного, т. е. степень коартикуляции обоих гласных была максимальной, что и обусловило минимальный наклон регрессионной прямой в этом случае [Кузнецов 2018]. Что касается сочетания гласных со звуками /d/ и /g/, то сопоставление значений коэффициентов наклона регрессионной прямой показывает, что в этом случае значения близки для разных языков.

Графики линейной регрессии локус-уравнений для гласных, произнесенных с эмфатическим ударением, представлены на рис. 2, б. Как следует из графиков, МОБР согласного также оказывает влияние на F2 переход гласного в слу-

чае произнесения гласных с большей выделенностью. При этом различия в уравнениях регрессии наблюдаются как по величине Y-пересечения, так и по углу наклона регрессионной прямой, а сами локус-уравнения имеют следующий вид:

$$\begin{aligned} \text{для /b/: } Y &= 0,377x + 523,5; R^2 = 0,66; \\ \text{для /d/: } Y &= 0,391x + 891,6; R^2 = 0,83; \\ \text{для /g/: } Y &= 1,00x + 133,8; R^2 = 0,92. \end{aligned}$$

Как следует из полученных уравнений, угол наклона регрессионной прямой в случае с /b/ несколько ниже, чем в случае с /d/, а угол наклона прямой для /g/ является максимальным. Таким образом, и в этом случае степень коартикуляции заднеязычного с гласным является максимальной. Аналогичные результаты получены Б. Линдбломом и для гласных заднего ряда. Что касается губно-губного и переднеязычного согласных, автор отмечает, что угол наклона прямой для /b/ значительно превышает угол наклона для /d/ [Lindblom et al. 2007: 3808].

Графики с результатами сопоставления регрессионных прямых для гласных с нейтральным и эмфатическим ударением представлены на рис. 3.

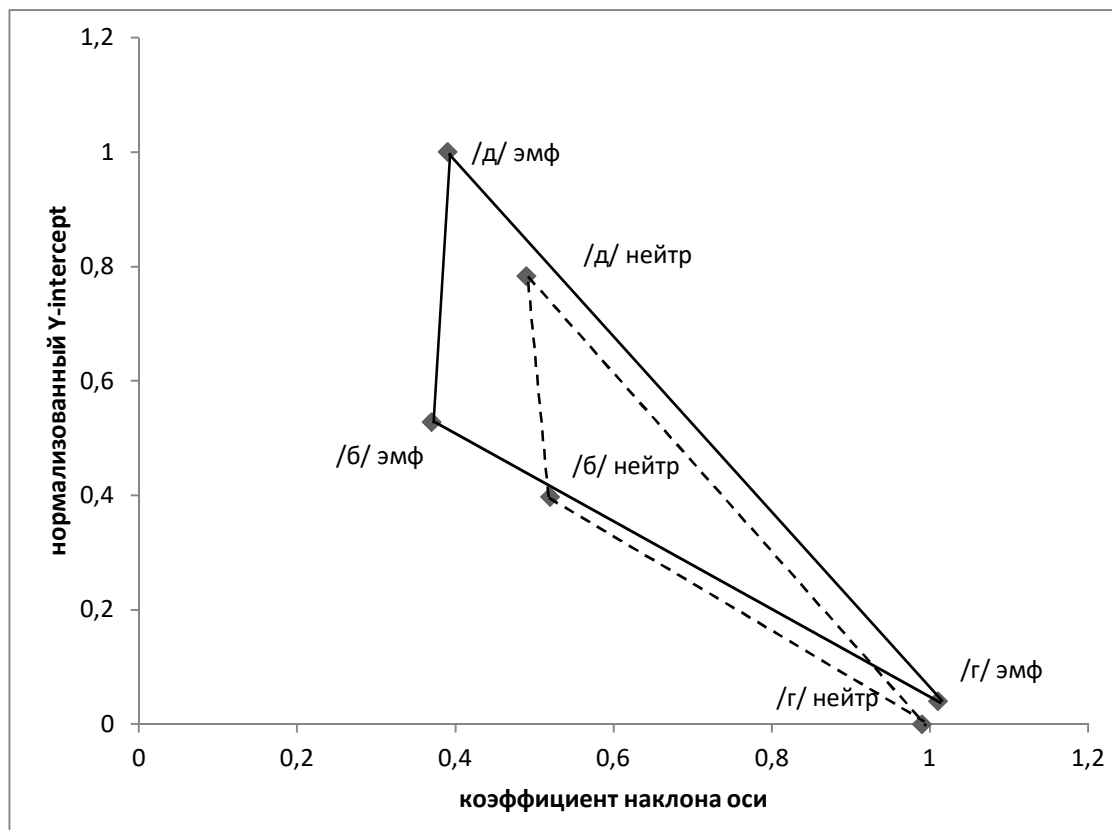


Рис. 3. Коэффициенты наклона регрессионных прямых и нормализованные значения Y-интерсепт, усредненные для шести дикторов в CV-слогах с нейтральным (сплошная линия) и эмфатическим (пунктирная линия) ударением

Fig. 3. Slopes and Normalized Y-Intercepts Averaged for 6 Speakers in CV-Syllables with Neutral (Solid Line) and Emphatic Stress (Dotted Line)

Как следует из приведенных данных, тип ударения оказывает влияние как на величину Y -пересечения, так и на угол наклона регрессионных прямых, при этом направление изменений значений можно охарактеризовать как единообразное. Так, при произнесении гласных с эмфатическим ударением наблюдается уменьшение значения угла наклона с 0,52 до 0,37 в случае с /b/ и с 0,49 до 0,39 в случае с /d/. Полученные данные хорошо согласуются с общепринятым представлением об уменьшении коартикуляции при произнесении звуков с большей ударностью. Что касается заднеязычного согласного, то наблюдается некоторое увеличение значения – с 0,99 до 1,00. Данный факт можно объяснить методикой организации нашего эксперимента, при котором проводилось усреднение значений гласных переднего, среднего и заднего ряда. Б. Линдблом в своем эксперименте анализировал гласные переднего и заднего рядов отдельно и зафиксировал увеличение значения коэффициента наклона регрессионной прямой до 1,11–1,38 в случае с гласными заднего ряда и, наоборот, его уменьшение до 0,37–0,42 в случае гласных переднего ряда, произнесенных с эмфатическим ударением. Кроме того, отметим увеличение значения Y -пересечения в случае уравнений с эмфатическим ударением по сравнению с нейтральным, что также совпадает с результатами эксперимента Б. Линдблома [Lindblom et al. 2007: 3808]. Таким образом, метод локус-уравнений позволяет дать количественную оценку коартикуляции СГ-структур в зависимости от МОБР согласного, а также степени ударности гласного.

Выводы

1. Локус-уравнения позволяют выполнить количественную оценку степени коартикуляции согласного с последующим ударным гласным в зависимости от МОБР согласного – губно-губного, переднеязычного или заднеязычного.

2. В зависимости от МОБР согласного степень коартикуляции возрастает в следующем порядке: губно-губной – переднеязычный – заднеязычный.

3. Тип ударения – нейтральное или эмфатическое – оказывает влияние на степень коартикуляции согласного с последующим гласным вне зависимости от МОБР согласного.

4. Усиление выделенности гласного сопровождается ослаблением коартикуляции на участке СГ-перехода.

5. Ослабление коартикуляции отражается в локус-уравнениях как уменьшением значения коэффициента наклона регрессионной прямой, так и увеличением значений Y -пересечения.

6. Сопоставление полученных экспериментальных данных с имеющимися в литературе результатами позволяет предположить чувствительность метода локус-уравнений как к левому фонетическому контексту, так и к типу гласного в СГ-переходе.

Список литературы

Бондарко Л. В. Звуковой строй современного русского языка. М.: Просвещение, 1977. 175 с.

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.

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. № 11(827). С. 69–74.

Abuoudeh M, Crouzet M. Vowel Length Impact on Locus Equation Parameters: An Investigation on Jordanian Arabic // 15th Annual Conference of the International Speech Communication (ISCA). Singapore, 2014. P. 184–188.

Baillargeon M. Preservation of Second Formant Transitions During Simultaneous Communication: a Locus Equation Perspective / M. Baillargeon, A. McLeod, D. E. Metz, N. Schiavetti, R. L. Whitehead // Journal of Communication Disorders. 2002. Vol. 35(1). P. 51–62.

Berry J., Weismer G. Speaking Rate Effects on Locus Equation Slope // Journal of Phonetics. 2013. Vol. 41. P. 468–478.

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.

Fowler C. A. Invariants, Specifiers, Cues: An Investigation of Locus Equations as Information for Place of Articulation // Perception & Psychophysics. 1994. Vol. 55(6). P. 597–610.

Lindblom B. Spectrographic Study of Vowel Reduction // Journal of the Acoustical Society of America. 1963. Vol. 35. P. 1773–1781.

Lindblom B. The effect of emphatic stress on consonant vowel coarticulation / B. Lindblom, A. Agwuele, H. M. Sussman, E. E. Cortes // The Journal of the Acoustical Society of America. 2007. Vol. 121(6). P. 3802–3813.

Lindblom B., Sussman H.M., Agwuele A. A Duration-dependent Account of Coarticulation for Hyper- and Hypoarticulation // Phonetica. 2009. Vol. 66(3). P. 188–195.

Morrison H. The Locus Equation as an Index of Coarticulation in Syllables Produced by Speakers

with Profound Hearing Loss // *Clinical Linguistics & Phonetics*. 2008. Vol. 22(9). P. 726–740.

Recasens D. Coarticulatory Patterns and Degrees of Coarticulatory Resistance in Catalan CV Sequences // *Language and Speech*. 1985. Vol. 28. P. 97–114.

Sussman H. M., McCaffrey H. A., Matthews S. A. An Investigation of Locus Equations as a Source of Relational Invariance for Stop Place Categorization // *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1991. Vol. 90. P. 1309–1325.

Zellou G., Scarborough R. Nasal Coarticulation and Contrastive Stress // *INTERSPEECH 2012 ISCA's 13th Annual Conference*. September 9–13. 2012. Portland, OR, USA. P. 2686–2689. URL: https://www.researchgate.net/publication/281322013_Nasal_Coarticulation_and_Contrastive_Stress (дата обращения: 21.03.2022).

References

Bondarko L. V. *Zvukovoy stroy sovremennogo russkogo yazyka* [The Phonetic System of the Modern Russian Language]. Moscow, Prosveshcheniye Publ., 1977. 175 p. (In Russ.)

Kuznetsov V. B. SG-koartikulyatsiya i mesto obrazovaniya soglasnogo v russkom yazyke. Dannye lokus uravneniy [CV-coarticulation and consonant place of articulation in Russian. Locus equation data]. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo lingvистического университета. Gumanitarnye nauki* [Vestnik of Moscow State Linguistic University. Humanitarian Sciences], 2018, issue 6 (797), pp. 21–28. (In Russ.)

Kuznetsov V. B., Bobrov N. V. Mesto obrazovaniya myagkikh soglasnykh i formantnye perekhody F2 vokalicheskogo okruzheniya v russkoy rechi [Articulation place of palatalized consonants and f2 formant transitions of surrounding vowels in Russian speech]. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo lingvистического университета. Gumanitarnye nauki* [Vestnik of Moscow State Linguistic University. Humanitarian Sciences], 2019, issue 11(827), pp. 69–74. (In Russ.)

Abuoudeh M., Crouzet M. Vowel length impact on locus equation parameters: An investigation on Jordanian Arabic. *15th Annual Conference of the International Speech Communication (ISCA)*. Singapore, 2014, pp. 184–188. (In Eng.)

Baillargeon M., McLeod A., Metz D. E., Schia-

vetti N., Whitehead R. L. Preservation of second formant transitions during simultaneous communication: A locus equation perspective. *Journal of Communication Disorders*, 2002, vol. 35(1), pp. 51–62. (In Eng.)

Berry J., Weismer G. Speaking rate effects on locus equation slope. *Journal of Phonetics*, 2013, vol. 41, pp. 468–478. (In Eng.)

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, pp. 120–135. (In Eng.)

Fowler C. A. Invariants, specifiers, cues: An investigation of locus equations as information for place of articulation. *Perception & Psychophysics*, 1994, vol. 55(6), pp. 597–610. (In Eng.)

Lindblom B. Spectrographic study of vowel reduction. *Journal of the Acoustical Society of America*, 1963, vol. 35, pp. 1773–1781. (In Eng.)

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(6), pp. 3802–3813. (In Eng.)

Lindblom B., Sussman H. M., Agwuele A. A duration-dependent account of coarticulation for hyper- and hypoarticulation. *Phonetica*, 2009, vol. 66(3), pp. 188–195. (In Eng.)

Morrison H. The locus equation as an index of coarticulation in syllables produced by speakers with profound hearing loss. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 2008, vol. 22(9), pp. 726–740. (In Eng.)

Recasens D. Coarticulatory patterns and degrees of coarticulatory resistance in Catalan CV sequences. *Language and Speech*, 1985, vol. 28, pp. 97–114. (In Eng.)

Sussman H. M., McCaffrey H. A., Matthews S. A. An investigation of locus equations as a source of relational invariance for stop place categorization. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 1991, vol. 90, pp. 1309–1325. (In Eng.)

Zellou G., Scarborough R. Nasal coarticulation and contrastive stress. *INTERSPEECH 2012 ISCA's 13th Annual Conference*. Portland, OR, USA, 2012, pp. 2686–2689. Available at: https://www.researchgate.net/publication/281322013_Nasal_Coarticulation_and_Contrastive_Stress (accessed 21 Mar 2022). (In Eng.)

The Impact of Prominence on CV Coarticulation

Sergey V. Batalin

Associate Professor in the Department of Foreign Languages

Volgograd State Technical University

28, prospekt Lenina, Volgograd, 400005, Russian Federation. sbat_2009@mail.ru

SPIN-code: 5161-4516

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3435-9797>

ResearcherID: M-7747-2019

Natalya Yu. Sorokoletova

Associate Professor in the Department of Theory and Practice

of Translation and Linguistics

Volgograd State University

100, prospekt Universitetsky, Volgograd, 400062, Russian Federation. sorokoletovanat@volsu.ru

SPIN-code: 2768-7665

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6680-0911>

ResearcherID: W-2164-2017

Submitted 06 Apr 2022

Revised 12 Sep 2022

Accepted 21 Sep 2022

For citation

Batalin S. V., Sorokoletova N. Yu. Zavisimost' stepeni koartikulyatsii soglasnogo i glasnogo ot tipa udareniya [The Impact of Prominence on CV Coarticulation]. *Vestnik Permskogo universiteta. Rossiyskaya i zarubezhnaya filologiya* [Perm University Herald. Russian and Foreign Philology], 2022, vol. 14, issue 4, pp. 15–23. doi 10.17072/2073-6681-2022-4-15-23 (In Russ.)

Abstract. The paper evaluates the quantitative impact of prominence (neutral vs emphatic stress) in CV sequences. The study serves the practical needs of speech synthesis and recognition and attempts to fill an important gap as there is insufficient research in the field with regard to the Russian language. We used the locus equation method to assess the degree of CV coarticulation. The experiment was performed on CVCV nonsense words imbedded in the middle position of a carrier phrase. The first syllable of the target words was made prominent both with neutral and emphatic stress. The consonants and vowels were presented by the same consonant and vowel sounds. Russian voiced occlusive bilabial, forelingual and backlingual consonants [b], [d] and [g] were combined with Russian non-palatal vowels [ɛ], [ɑ] and [u] occupying cardinal positions in the Fant triangle. Six male speakers were recorded in a sound attenuated studio using high-quality recording equipment. The total number of tokens $N = 486$. Praat software was used to measure formant frequencies by means of fast Fourier transformation and linear predictive coding. The experiment showed that linear regression slopes differed both in the Y-intercepts and slope coefficients for the vowels uttered with emphatic and neutral stress. We compared locus equation slopes for CV transitions of the consonants of similar place of obstruction combined with the vowels pronounced with neutral and emphatic stress, which revealed a quantitative difference in the degree of coarticulation of the bilabial and forelingual consonants both in the Y-intercept values and slope coefficients. In case of the backlingual consonant, locus equations differed only in the Y-intercept value, while the slope coefficients were practically the same. The results obtained were interpreted on the basis of existing experimental data for the Russian, English, and Arabic languages.

Key words: formant; formant tracks; formant transitions; linear regression; locus; locus equation; coarticulation.