

СПЕКТРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТВЕРДЫХ И МЯГКИХ СОГЛАСНЫХ РУССКОГО И ЛИТОВСКОГО ЯЗЫКОВ

Д. БАЛШАЙТИТЕ

Исследования на материале русского языка показали, что твердые и мягкие согласные различаются соотношением „форманты твердости“ (полоса до 1000 Гц до 2000 Гц) и „форманты мягкости“ (полоса от 2000 Гц до 3000 Гц). Для твердых согласных характерно усиление „форманты твердости“, сопровождающееся ослаблением „форманты мягкости“, для мягких — обратное соотношение тех же формант [Зиндер, Бондарко, Вербицкая, 1984, с. 28–36]. Артикуляторным коррелятом данного акустического различия между мягкими и твердыми согласными является различие в объеме фаринкса: уменьшение его при образовании твердых согласных, сопровождающееся веляризацией, и соответственно увеличение объема фарингального прохода при образовании мягких согласных [Зубкова, 1974, с. 37–39].

С целью определения акустических характеристик литовских согласных в сопоставлении с русскими согласными было подобрано 120 пар литовских и русских слов, начитанных двумя дикторами-литовцами и одним русским диктором. Для спектрального анализа отбирались слова литовского языка, включающие сочетания твердых согласных [t, d, s, z, p, b, v, k, g] и их мягких пар с гласными [i:, e:, i, ε, æ; a:, a, u, u:], и русские слова, включающие сочетания тех же согласных с гласными [i, e, a, u]. Таким образом, рассматривались только те согласные, которые противопоставлены по твердости—мягкости в обоих языках. Было обработано более 200 динамических спектрограмм, полученных при помощи ЭВМ. (Подробное описание ввода сигнала в ЭВМ и комплекса программ для последующей обработки данных см.: [Бондарко, Егоров и др., 1988, с. 90–100].)

В результате анализа спектральной картины речевых сигналов были определены диапазон и длительность областей с минимальной интенсивностью и локализация энергетического максимума в спектрах русских и литовских согласных.

Использование спектральных срезов — „зависимостей интенсивности выходных сигналов в частотных каналах от средней частоты фильтров“ [Бондарко, Егоров и др., 1988, с. 93] — позволяет определить дополнительные акустические параметры, поскольку „различия между твердыми и мягкими согласными определяются в огибающей спектра в целом“ [Зиндер, Бондарко, Вербицкая, 1984, с. 33].

Спектральные срезы были получены в двух точках: в начале и в конце (на границе с гласным) звучания щелевых согласных и в начале и в конце фазы взрыва смычных согласных. Анализ спектральных огибающих согласных дает возможность определить относительный уровень интенсивности в области форманты твердости (1000–2000 Гц) и в области форманты мягкости (2000–3000 Гц). В верхней части листа, на котором печатаются спектральные срезы, приводятся числовые данные об интенсивности (в дБ) частотных составляющих в каждой точке. Это позволяет вычислить суммарную энергию спектральных огибающих в области форманты твердости (960–3175 Гц) и в области форманты мягкости (2050–3175 Гц) и определить их соотношение (ΔE).

$$\Delta E = \frac{E_T}{E_M}$$

где E_T — суммарная энергия спектральной огибающей в области форманты твердости;
 E_M — суммарная энергия спектральной огибающей в области форманты мягкости.

Как известно, интенсивность в определенной мере является относительным параметром; поэтому наряду с абсолютной (в дБ) зачислялась относительная суммарная энергия спектральных огибающих. За 1 (или 100%) была принята область частот 960–3175 Гц. Зная абсолютную суммарную энергию спектральной огибающей, можно определить, какая часть энергии приходится на полосу частот форманты мягкости и форманты твердости относительно всей области указанных частот.

Анализ спектральной картины литовских согласных в сопоставлении с русскими согласными позволил выявить особенности падающих согласных литовского языка и их отличия от соответствующих русских согласных.

В спектре взрыва переднеязычных смычных [t], [d] обоих языков можно выявить области с ослабленными шумовыми составляющими — ослабления и области с максимально усиленными составляющими — усиления частот.

В спектральной картине твердых русских [t], [d] наблюдается небольшое ослабление, верхняя граница которого достигает 1650 Гц. Усиление в спектре русских твердых согласных располагается на уровне F11 следующего гласного.

Для литовских твердых [t], [d] характерно аналогичное соотношение областей с усиленными и ослабленными частотами. Однако ослабление во взрыве [t] в сочетании с [u] характеризуется более широким диапазоном: 0–2000 Гц.

В спектре взрыва мягких согласных русского языка по сравнению с соответствующими твердыми изменяется диапазон и усиления, и ослабления. Диапазон ослабленных шумовых составляющих значительно расширяется, его верхняя граница достигает в среднем 2500 Гц; на артикуляторном уровне это соответствует расширению фарингального

прохода и значительному уменьшению веляризации. Усиление в спектре взрыва русских [t'], [d'] перемещается в область более высоких частот: характерный шум мягких [t'], [d'] локализуется на уровне и выше FII следующего гласного.

В спектре взрыва литовских палатализованных согласных (сравнительно с твердыми) диапазон ослабления если и расширяется, то не так значительно, как у соответствующих мягких согласных русского языка. Наибольшего значения (около 2000 Гц) верхняя граница области с минимальной интенсивностью достигает в слогах [t'i:], [d'i:]. В сочетании с остальными гласными ослабление в фазе взрыва палатализованных [t'], [d'] литовского языка по своим характеристикам практически не отличается от ослабления во взрыве твердого согласного.

Ослабление в спектре взрыва литовских палатализованных согласных в отличие от русских мягких согласных располагается в области более низких частот и длится не более 10–15 мс в начале звучания согласного, тогда как во взрыве русского мягкого согласного ослабление интенсивности в диапазоне 800–2000 Гц распространяется на весь спектр согласного и длится до 40–50 мс.

Литовские палатализованные согласные [t'], [d'] по сравнению с твердыми [t], [d] характеризуются более высоким положением усиленных шумовых составляющих в спектре взрыва. Однако усиление располагается или на уровне, или выше FII следующего гласного, т. е. взрыв литовских палатализованных согласных локализуется ниже FII следующего гласного (для русских согласных характерна локализация взрыва мягкого согласного значительно выше FII, а в ряде случаев — выше FIII следующего гласного).

В спектральной картине переднеязычных щелевых согласных обоих языков регистрируются антирезонансы — области частот с минимальной интенсивностью.

Русские мягкие [s'], [z'] в подавляющем большинстве случаев характеризуются довольно большим ослаблением, верхняя граница которого превышает 2000 Гц и достигает 2550 Гц. Антирезонанс в спектре соответствующих литовских согласных значительно меньше, и его верхняя граница не достигает, как правило, 2000 Гц, располагаясь на уровне 1450 Гц.

Усиление, свидетельствующее о мягкости согласного, в спектре мягких русских согласных локализуется выше FII следующего гласного — на уровне 2550–2950 Гц. Для литовских [s'], [z'] характерно положение усиления на уровне и ниже FII гласных [i:] и [e:]. В слогах с гласными переднего ряда [æ:], [ɛ] и заднего ряда [a], [u:] усиление в спектре литовских согласных [s'], [z'] совпадает с началом FII гласного — на уровне 1750–1900 Гц.

В отличие от мягких переднеязычных согласных русского языка, перераспределение энергии в спектре которых происходит в основном за счет ослабления частотных составляющих в области форманты твердости, литовские переднеязычные (и смычные, и щелевые) характери-

зуются наличием усиленных частот в полосе форманты твердости.

Акустические характеристики фазы взрыва твердых губных [p], [b] русского и литовского языков обнаруживают значительные различия. Спектр взрыва русских твердых губных согласных зашумлен полностью. Литовские твердые [p], [b] характеризуются наличием небольшого ослабления длительностью 20 мс в диапазоне 1000–2000 Гц.

В спектре взрыва мягких согласных [p'], [b'] русского языка наблюдается ослабление в диапазоне 720–1750 Гц, т. е. спектр рекурсии мягкого русского согласного характеризуется наличием области с ослабленными шумовыми составляющими, что отличает его от спектра соответствующего твердого согласного. Диапазон ослабления в спектре мягких литовских [p'], [b'] (560–1800 Гц) совпадает с диапазоном ослабленных частот в спектре соответствующих твердых согласных, т. е. не увеличивается.

В сочетании с задними гласными [a] и [u:] усиление в спектральной картине взрыва и литовских, и русских [p'], [b'] локализуется выше F11 гласного. В слогах с гласными переднего ряда спектр взрыва русских [p'], [b'] характеризуется усилением шумовых составляющих, располагающимся также выше F11 гласного (в области от 2550 Гц до 2950 Гц). Диапазон усиленных частот в фазе взрыва литовских губных [p'], [b'] варьирует в зависимости от качества следующего гласного. В сочетании с долгим [i:] взрыв литовских [p'], [b'] характеризуется высоким положением усиления, нижняя граница которого достигает 2370 Гц. В слогах с остальными гласными переднего ряда ([e:], [i], [ɛ], [æ:]) нижняя граница усиленных частот располагается значительно ниже — на уровне 1650–1750 Гц.

По акустическим характеристикам (диапазон ослабленных частот и локализация усиленных шумовых составляющих выше F11 гласного, независимо от его качества) мягкие [p'], [b'] русского языка отличаются от их твердых пар. Для литовских же [p'], [b'] такое соотношение усиленных и ослабленных частот характерно только в позиции перед задними гласными [a], [u:]. В сочетании с передними гласными признаки палатализации в фазе взрыва [p'], [b'] литовского языка выражены слабее.

Губные щелевые [v], [v'] отличаются от щелевых переднеязычных слабовыраженными акустическими характеристиками: шумовые составляющие [v], [v'] отличаются слабой интенсивностью и локализируются преимущественно в низкочастотных областях спектра. В силу невыраженности спектральных характеристик составляющих литовских и русских [v], [v'] выявить в спектре самого согласного признаки твердости—мягкости не представляется возможным. Общей для обоих языков является тенденция к локализации шумовых составляющих твердых согласных в низкочастотной области (в произношении русского диктора — на уровне 1260–1650 Гц, в произношении литовских дикторов — на уровне 1050–1750 Гц), тогда как в спектре мягкого [v'] русского и литовского языков характерный

шум согласного перемещается в область более высоких частот — до 3000–3500 Гц. В отличие от [v'] русского языка литовский [v'] характеризуется более высоким положением шумовых составляющих.

В спектре рекурсии заднеязычных твердых согласных и русского, и литовского языков выделяются области с максимально ослабленными шумовыми составляющими. Ослабление в спектре взрыва русских твердых [k], [g] в сочетании с гласными [a], [u] и литовских твердых [k], [g] в слоге с [a] располагается в диапазоне от 640 до 1250 Гц. Литовские [k], [g] в слоге с [u] характеризуются более высоким положением спектрального максимума — от 1000 до 4000 Гц (более широкий диапазон ослабления в этой позиции отмечается в спектрах и других согласных литовского языка: губных [p], [b] и переднеязычных [t], [d]).

Мягкие русские [k'], [g'] и заднеязычные смычные литовского языка в позиции перед гласными переднего ряда отличаются от соответствующих согласных более широким диапазоном ослабленных частот в фазе взрыва. Однако для мягких русских [k'], [g'] характерно более значительное увеличение ослабления (до 2370–2750 Гц), чем для литовских (до 1800 Гц).

Область усиленных частот в спектре мягких заднеязычных согласных литовского языка располагается на уровне и выше F11 следующего гласного, независимо от его качества; с одной стороны, это сближает литовские заднеязычные согласные с мягкими согласными русского языка, с другой — отличает их от литовских губных и переднеязычных согласных, усиление в спектре которых локализуется, как правило, ниже F11 следующего гласного.

Данные акустического анализа твердых и мягких согласных русского и литовского языков позволяют заключить следующее.

Мягкие и твердые согласные русского языка, независимо от позиции и их принадлежности к какому-либо классу, обладают собственными акустическими характеристиками, довольно регулярно, единообразно и четко выраженными в спектре согласного. Твердые согласные характеризуются небольшим по диапазону и длительности ослаблением шумовых составляющих в низкочастотной области. В спектре мягких согласных диапазон ослабленных частот расширяется (до 2600 Гц); в высокочастотной области регистрируется усиление шумовых составляющих, локализуясь выше F11 следующего гласного.

Признаки твердости и мягкости в спектральной картине литовских согласных выражаются не так однозначно. Спектры твердых литовских согласных характеризуются содержанием усиленных низких частот, о чем свидетельствует небольшой диапазон или отсутствие ослабления в области форманты твердости в сочетании с [a]. В слогах с гласным [u] в спектральной картине твердых литовских согласных наблюдается ослабление относительно широкого диапазона. Таким образом, спектр литовского твердого согласного не всегда содержит акустические характеристики признака „твердость“ Иначе, чем у

русских мягких согласных, реализуется в спектре литовских согласных признак „мягкость“, о чем свидетельствует иное соотношение ослабленных и усиленных частот. Наибольшее сходство с русскими мягкими согласными обнаруживают литовские [k'], [g'], в спектре которых признаки палатализации выражены наиболее ярко: диапазон ослабленных шумовых составляющих существенно увеличивается по сравнению с твердыми [k], [g] (однако его верхняя граница не достигает уровня верхней границы ослабления русских [k'], [g']); энергетический максимум регистрируется выше F11 следующего гласного. По сравнению с губными и переднеязычными мягкие заднеязычные согласные характеризуются более высокой локализацией вффризированной фазы, нижняя граница которой расположена в среднем на уровне 2500 Гц, а верхняя — в диапазоне 3000–4000 Гц. Диапазон ослабленных составляющих в низкочастотной области спектра мягких переднеязычных и губных согласных литовского языка в большинстве случаев совпадает с диапазоном ослабленных частот в спектре соответствующих твердых согласных. Локализация усиленных частот в спектре литовских согласных (за исключением [k'], [g']) варьирует в зависимости от качества следующего гласного. В позиции перед гласными переднего ряда усиленные шумовые составляющие согласного расположены, как правило, ниже F11 соседнего гласного. В слоге с [a] усиление частот в спектре согласного совпадает с началом F11 следующего гласного. В положении перед [u:] спектральный максимум регистрируется выше F11 гласного.

Результаты анализа спектральных срезов твердых и мягких согласных более четко выявляют разницу в фонетической реализации признака „твердость–мягкость“ в русском и литовском языках. Показательной в этом отношении является величина ΔE , представляющая собой отношение энергии спектральных огибающих в области форманты твердости (E_t) к суммарной энергии спектральных огибающих в области форманты мягкости (E_m) согласного.

Твердые и мягкие согласные русского языка четко противопоставлены по распределению энергии в полосе 1000–3000 Гц. ΔE твердых согласных в подавляющем большинстве случаев (за исключением [d] в слоге [da] и [s] в слоге [su], ΔE которых составляет 0,9) превышает 1, а это значит, что область форманты твердости обладает большей интенсивностью шумовых составляющих, чем область форманты мягкости. В спектре мягких русских согласных, наоборот, большая часть энергии концентрируется в области форманты мягкости; ΔE в этом случае меньше 1 — от 0 до 0,8 (за исключением [p'] в слоге [p'u]).

Распределение энергии в спектре литовских согласных в отличие от русских не может служить показателем их твердости или мягкости. Прежде всего следует отметить вариативность в произношении первого и второго дикторов. В произношении второго диктора литовские согласные (твердые и мягкие) характеризуются меньшим со-

держанием энергии в области форманты твердости (ΔE в большинстве случаев меньше 1), чем в произношении первого диктора. Это в первую очередь относится к твердым согласным, ΔE которых в произношении второго диктора лишь у [к] и [g] в слогах с [а] значительно превышает 1; для большинства согласных у второго диктора характерна $\Delta E \approx 1$, а в спектрах [к], [g], [b], [s] в сочетании с [u] большая доля энергии приходится на область форманты мягкости. В произношении первого диктора твердые согласные (как и в русском языке) обладают большей суммарной энергией огибających в области форманты твердости. Однако ΔE , превышающая 1, характерна и для мягких согласных в сочетании с гласными [ɛ], [æ:], [u], [u:], [a]. В сочетании с гласными переднего ряда [i:], [e:], [i] согласные в произношении первого диктора характеризуются меньшей E_t . Общей для произношения обоих дикторов является тенденция к увеличению интенсивности в области форманты твердости согласного в позиции от более переднего гласного к более заднему. Особенно четко эта тенденция прослеживается в произношении первого диктора. Для произношения второго диктора характерна большая „размытость” признаков твердости и мягкости в спектре согласного.

Таким образом, русские твердые согласные характеризуются преобладанием энергии в области форманты твердости, в спектре мягких согласных русского языка большая часть энергии концентрируется в области форманты мягкости. Литовские твердые и мягкие согласные не противопоставлены по содержанию энергии в полосе форманты твердости и форманты мягкости. Различное распределение энергии в полосе 1000–3000 Гц спектра: равномерное ($\Delta E = 1$), с преобладанием в области форманты твердости ($\Delta E > 1$), с преобладанием в области форманты мягкости ($\Delta E < 1$) – в равной степени характерно как для твердых, так и для мягких согласных литовского языка.

Существенная вариативность акустических характеристик твердых и мягких согласных, как в произношении одного диктора, так и от диктора к диктору, дает возможность предположить, что литовские согласные в сравнении с русскими имеют другие артикуляторные корреляты признака „твердость–мягкость”.

Артикуляция твердых русских согласных сопровождается сужением фарингального прохода, артикуляция мягких – его расширением [Фант, 1964, с. 160; Зубкова, 1974, с. 37]. Акустическим коррелятом этой артикуляции является наличие усиленных шумовых составляющих в области форманты твердости в первом случае, ослабление частот в полосе форманты твердости – во втором. Движение задней части языка при образовании твердых и мягких согласных русского языка является их основной артикуляцией [Зиндер, Бондарко, Вербичкая, 1964].

Более высокий уровень интенсивности в полосе форманты твердости литовских твердых согласных в сочетании с гласным [а], concentra-

ция большей части энергии также в области форманты твердости согласных в произношении первого диктора служат доказательством значительного сужения фарингального прохода при артикуляции твердых согласных литовского языка. С другой стороны, в [CV]-словах литовские твердые согласные характеризуются наличием ослабленных шумовых составляющих в области форманты твердости, а в произношении второго диктора – преобладанием энергии в области форманты мягкости, что свидетельствует о недостаточном сужении фарингального прохода. Таким образом, движение задней части спинки языка при образовании твердых литовских согласных является возможной, но не обязательной артикуляцией.

Артикуляция мягких согласных литовского языка (в отличие от русских), очевидно, не всегда сопровождается расширением фарингального прохода, поскольку в ряде случаев форманта твердости мягкого литовского согласного по уровню интенсивности превосходит форманту мягкости; суммарная энергия огибающих полосы форманты твердости также может превышать суммарную энергию полосы форманты мягкости. Приведенные факты позволяют предположить, что движение задней части спинки языка при образовании твердых и мягких литовских согласных, в отличие от русских, является не основной и даже не дополнительной, а скорее факультативной артикуляцией, определяющей качеством (рядом) соседнего гласного. Это предположение подтверждается характерной для литовских мягких согласных тенденцией к уменьшению интенсивности низкочастотных составляющих в сочетании с более передними гласными. Так, в слогах с самыми передними гласными [i:], [e:] все литовские согласные отличаются более низким уровнем интенсивности и меньшим содержанием энергии в области форманты твердости по сравнению с другими слогами. При артикуляции согласных в сочетании с гласными [i:], [e:] язык продвигается вперед намного дальше, чем в слогах с более задними гласными; при этом становится возможным (но не обязательным) расширение фарингального прохода.

Применительно к литовским согласным, по всей вероятности, можно говорить о степенях веларизации и палатализации. Степень веларизации твердого согласного, очевидно, является индивидуальной характеристикой говорящего. Однако уровень интенсивности в области форманты твердости в любом случае остается достаточным, чтобы считать твердый согласный литовского языка веларизованным. В пользу этого свидетельствуют данные проведенного аудиторского эксперимента: литовские твердые согласные носителями и русского, и литовского языков однозначно опознаются как твердые [Балшайтите, 1988]. По данным А. М. Кузнецовой, „... аудитор – представитель языковой системы с веларизованными твердыми согласными воспринимает твердые согласные; лишенные признака веларизации (в иной фонетической системе, с другой артикуляционной базой), как несколько смягченные“ [Кузнецова, 1977, с. 93]. Необходимо отметить, однако, что

высказанные предположения нуждаются в подтверждении данными кинорентгена.

Степени палатализации согласных, очевидно, являются специфической чертой фонетической системы литовского языка и определяются качеством следующего гласного, а также принадлежностью согласного к определенному классу.

SPECTRAL CHARACTERISTICS OF RUSSIAN AND LITHUANIAN VELAR AND PALATAL CONSONANTS

D. BALŠAITYTĖ

Summary

The article deals with acoustic parameters of velar-palatal idiosyncrasy of Lithuanian and Russian consonants.

Velar and palatal consonants are characterized as having special acoustic features which reveal themselves regularly in the spectre of the consonant. At the same time spectral features of Lithuanian consonants are dependent on the quality of the consonant as well as on the following vowel and because of this reason they cannot serve as indicators of velar and palatal qualities.

ЛИТЕРАТУРА

Балшайтите, 1988 — Балшайтите Д. Особенности восприятия мягкости согласных литовского языка // *Kalbotyra*. 1988. Т. 38(2).

Бондарко, Егоров и др., 1986 — Бондарко Л. В. и др. О применении вычислительной техники в экспериментально-фонетических исследованиях // ВЯ. 1986. № 2. С. 90—100.

Зиндер, Бондарко, Вербицкая, 1964 — Зиндер Л. Р., Бондарко Л. В., Вербицкая Л. А. Акустическая характеристика различия твердых и мягких согласных в русском языке // Уч. зап. ПГУ. 1964. № 325. С. 28—36.

Зубкова, 1974 — Зубкова Л. Г. Фонетическая реализация консонантных противоположений в русском языке. М., 1974. 116 с.

Кузнецова, 1977 — Кузнецова А. М. Разновидности способа образования согласных в русских говорах // Экспериментально-фонетические исследования в области русской диалектологии. М., 1977. С. 60—185.

Фент, 1964 — Фент Г. Акустическая теория речеобразования. М.: Наука, 1964. 284 с.

Вильнюсский университет
Каунасский вечерний факультет
Кафедра русского языка и литературы

Июнь, 1989