

Научная статья

УДК 811.512.151

DOI 10.17223/18137083/89/12

**Коартикуляция по палатальности в алтайском языке
по данным УЗИ в динамическом аспекте**

Тимофей Владимирович Тимкин

Институт филологии
Сибирского отделения Российской академии наук
Новосибирск, Россия
ttimkin@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9001-4729>

Аннотация

Статья рассматривает движение спинки языка в фонетических словах алтайского языка с целью определить характер коартикуляции по палатальности. Данные получены методом ультразвукового исследования, материалом послужил ряд односложных лексем структуры «взрывной – гласный – носовой». Аудиозапись, синхронизированная по времени с УЗИ-изображением, была сегментирована и аннотирована на основе слухового и акустического анализа. Далее была составлена временная развертка УЗИ-изображения, показывающая движение спинки языка в фонетическом слове. На основе развертки были вычислены коэффициенты, характеризующие подъем различных участков спинки языка в отдельные моменты, и описана временная динамика этих коэффициентов. Показано, что в мягкорядных словоформах в течение всего фонетического слова сохраняется подъем средней части спинки языка, придающий согласным палатализованный оттенок. В твердорядных словоформах со среднеязычным согласным подъем средней части спинки языка переходит на начало гласного, затем спинка опускается, создавая коартикуляционное движение.

Ключевые слова

алтайский язык, экспериментальная фонетика, УЗИ, коартикуляция, палатальность, палатализация, артикуляционные жесты

Для цитирования

Тимкин Т. В. Коартикуляция по палатальности в алтайском языке по данным УЗИ в динамическом аспекте // Сибирский филологический журнал. 2024. № 4. С. 156–171. DOI 10.17223/18137083/89/12

© Тимкин Т. В., 2024

ISSN 1813-7083

Сибирский филологический журнал. 2024. № 4. С. 156–171

Sibirskii Filologicheskii Zhurnal [Siberian Journal of Philology], 2024, no. 4, pp. 156–171

Palatal coarticulation in the Altai language according to ultrasound data in a dynamic aspect

Timofey V. Timkin

Institute of Philology
of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences
Novosibirsk, Russian Federation
ttimkin@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9001-4729>

Abstract

The paper explores the movement of the tongue dorsum in phonetic words of the Altai language. The data were collected using Articulate Instruments equipment and Articulate Assistant Advanced software, employing the ultrasound imaging technique. The focus was on several monosyllabic lexemes with a “plosive vowel nasal” structure. Every word was recorded three times in an isolated context. The audio recording, synchronized in time with the ultrasound image, was segmented and annotated based on auditory and acoustic analysis in the Praat program. The statistical analysis was performed using the R programming language. The dorsum movement was represented as a series of static frames at 10 ms intervals. The time-mapping approach was used to calculate the coefficients capturing the dorsum uplift at different time intervals, with time dynamics described as a bundle of contours for each phonetic word. The point coefficient was determined based on the highest dorsum point, indicating the elevated section of the dorsum. The height coefficient was calculated as a vertical coordinate of the highest point. These coefficients were used to determine dorsum distance from the articulation center, identify vowel row and openness, and recognize basic and additional palatal or velar articulation in consonants. The study found that in soft-type words, the dorsum uplift was consistent throughout the word, resulting in palatalized consonants. In hard-type words with dorsal consonants, the dorsum raise was limited to the beginning of the following vowel and then lowered, indicating coarticulation movement. The paper describes this process in terms of structural phonology and gestural theory.

Keywords

Altai language, experimental phonetics, ultrasound imaging, coarticulation, palatality, palatalization, articulatory gestures

For citation

Timkin T. V. Palatal coarticulation in the Altai language according to ultrasound data in a dynamic aspect. *Sibirskii Filologicheskii Zhurnal [Siberian Journal of Philology]*, 2024, no. 4, pp. 156–171. (in Russ.) DOI 10.17223/18137083/89/12

Введение

Настоящая работа посвящена попытке описания фрагмента фонетической системы алтайского языка с применением динамического подхода. Под динамическим подходом мы понимаем описание артикуляционных признаков в их временном развертывании и взаимодействии. Так, в работе [Kelso, 1986], основополагающей для данного подхода, сказано: The challenge of a dynamical approach is to identify and then lawfully relate macroscopic parameters (that operate on slow time scales) to the behavioral interactions among more microscopic articulatory components (that operate on faster time scales). <...> The issue then becomes less one of translating a “timeless” symbolic representation into space-time articulatory behavior, as it is one of relating dynamics that operate on different intrinsic time scales («Основная задача динамического подхода состоит в том, чтобы определить и затем логически соот-

нести макроскопические параметры (которые проявляются на длительных отрезках времени) с поведенческими взаимодействиями между более микроскопическими артикуляционными компонентами (которые реализуются на малых отрезках). <...> Таким образом, речь идет не столько о переводе “вневременного” символического представления в пространственно-временное артикуляционное поведение, сколько о соотношении показателей динамики, действующих на разных по своей природе временных масштабах» – перевод наш. – Т. Т.).

Динамический подход разрабатывается в качестве альтернативы классической сегментной фонетике, рассматривающей звуковую цепь как последовательность дискретных единиц. Безусловно, еще на этапе зарождения экспериментальной фонетики было осознано значение переходных артикуляций. Так, традиционно звук речи описывается как временная последовательность трех фаз: экскурсии, выдержки и рекурсии. Внутри фонетического слова рекурсия звука накладывается на экскурсию последующего звука, за счет чего создается переходная артикуляция. Однако на сегодняшний день общепринято, что даже такая модель чрезмерно упрощена: «...для реальной речи типичны глубокое переслаивание артикуляционных жестов соседних звуков и почти непрерывное изменение положения произносительных органов в пространстве речевого тракта» [Кодзасов, Кривнова, 2001, с. 64].

Вполне естественно, что в настоящее время в отечественной фонетике динамический аспект затрагивается больше в работах, основанных на акустических методиках, поскольку аудиофиксация звуковой волны подразумевает временное измерение. Работы по суперсегментной фонетике, в частности по интонации алтайского языка, которые активно ведутся в настоящее время, по своей природе несут динамический характер [Добрынина, 2023].

Консонантизм алтайского языка был описан М. Ч. Чумакаевой на основе таких методов, как дентопалатографию и рентгенографию. В алтайском языке существует явление сингармонизма, характерное для всех тюркских языков: качество гласных непервого слога детерминируется качеством гласного первого слога. Таким образом, в одном фонетическом слове могут сочетаться либо гласные переднего ряда, либо гласные непереднего ряда, что делит лексемы соответственно на мягкорядные и твердорядные. В свою очередь, согласные также испытывают влияние рядности гласного, и в мягкорядных словоформах употребляются особые настройки согласных, характеризующиеся продвижением средней части спинки языка к твердому нёбу. В соответствии с устоявшейся фонетической традицией, такие звуки могут быть названы палатализованными.

Однако в системе алтайского языка выделяются также среднеязычные согласные, для которых подъем средней части спинки языка является основной артикуляцией и которые реализуются как в твердорядных, так и в мягкорядных словоформах. Так, шумный ртовый среднеязычный [h] в работе М. Ч. Чумакаевой охарактеризован по активному органу как переднеязычно-среднеязычный, по пассивным органам – альвеолярно-постальвеолярно-переднетвердонёбный. В свою очередь, например, для фонемы [t] активным органом указана передняя часть спинки языка, а пассивным – лингвальная поверхность, альвеолы, а в мягкорядных словоформах – также передний участок передней части твердого нёба [Чумакаева, 1978].

Сравнение только этих характеристик показывает, насколько близки так называемые палатализованные и палатальные настройки и насколько сложной задачей является различить их инструментальными методами. В нашей работе [Рыжикова

и др., 2024] мы использовали методику ультразвукового исследования (УЗИ), чтобы показать различия между палатальными и палатализованными настройками в подсистеме носовых согласных. Настоящая работа основана на базе того же эксперимента, но привлекает данные по смычным согласным и включает элементы динамического подхода. Цель работы – описать на материале нескольких квазиомонимических пар коартикуляционное движение спинки языка в алтайских словоформах в его временном развертывании.

Материалы и методы

Исследование выполнено при помощи экспериментальной установки Articulate Instruments с участием одного диктора – носителя языка. Экспериментальный прибор включает в себя жесткий каркас-шлем, который надевается на голову информанта, и УЗИ-датчик, который закрепляется на каркасе и прижимается к горлу информанта между подбородком и гортанью. Ультразвуковое излучение позволяет получить сагиттальный срез ротовой полости и визуализировать контур языка. Параллельно с записью УЗИ при помощи миниатюрной видеокамеры, установленной на шлеме, фиксируется губная артикуляция. Звук в ходе эксперимента регистрируется при помощи петличного микрофона Røde SmartLav и звуковой карты Focusrite Scarlett. Данные записываются на компьютер при помощи программного обеспечения Articulate Assistant Advanced (AAA), поставляемого вместе с экспериментальной установкой¹.

Важнейшей частью эксперимента является процедура синхронизации, позволяющая соотнести УЗИ-данные, видео с камеры и аудиозапись в едином временном измерении. Без синхронизации было бы невозможно рассматривать в ходе эксперимента звуки в контексте фонетического слова. Однако данный механизм позволяет не ограничивать программу эксперимента статическими съемками, что характерно для классических методов – рентгена и статического МРТ, а рассматривать артикуляцию в ее временном течении.

Кадры УЗИ-записи поступают в компьютер из модуля обработки с постоянной частотой дискретизации, что позволяет установить временную метку на каждый кадр. Вместе с тем управляющий модуль генерирует краткий синхронизационный импульс, который при помощи специального устройства, входящего в состав установки, преобразуется в звуковой синхрокод. Синхрокод подается на отдельный вход звуковой карты и записывается параллельно с сигналом микрофона. Таким образом программное обеспечение в автоматическом режиме выравнивает звуковую и УЗИ-запись.

Микрофон и видеокамера подключаются соответственно к звуковой карте и карте видеозахвата не напрямую, а через специальный модуль синхронизации SyncBrightUp. В начале каждой записи прибор издает звуковой сигнал начала записи, который выводится на громкоговоритель также через модуль SyncBrightUp, переключая его этим в режим готовности. Поскольку звуковой сигнал естественным образом попадает на микрофон информанта, модуль синхронизации фиксирует момент начала записи и добавляет в изображение камеры специальную отметку в виде белого квадрата. Программа AAA соотносит звуковой сигнал

¹ Ultrasound Intraoral Imaging. URL: <http://www.articulateinstruments.com/ultrasound-imaging/> (дата обращения 01.08.2024).

в аудиозаписи и наличие белого квадрата в видеозаписи, что позволяет синхронизировать записи по времени.

Благодаря описанной технологии звучащая речь и ее визуализация в ААА корректно соотношены по времени.

Эксперимент был проведен с женщиной – носителем диалекта алтай-кижи. Испытуемая читала алтайские лексемы, напечатанные в традиционной алтайской орфографии и снабженные переводом на русский язык. Каждая лексема читалась изолированно и троекратно.

Графическая обработка УЗИ-изображений выполнялась в программе ААА при помощи методики сплайнов. Каждый сплайн представляет собой кривую линию, очерчивающую контур спинки языка. Движение языка во времени представляется как серия из статичных кадров (keyframe), отстоящих друг от друга на 10 мс. Слайны каждого кадра независимы друг от друга.

Для определения положения языка использовалась полуавтоматическая методика. На первом этапе программа в автоматическом режиме проанализировала УЗИ-изображения и на основании светового контраста вычислила границу спинки языка. Далее все кадры исследуемых фонетических слов были в ручном режиме просмотрены и перепроверены на предмет явно ошибочных значений, при которых сплайн отклоняется от видимого контура спинки языка. Там, где были обнаружены некорректные контуры, они были исправлены вручную на основании визуального анализа.

Далее слайны были экспортированы для статистической обработки. Каждый сплайн был представлен как двумерные декартовы координаты 42 узловых точек, равномерно расположенных на его линии.

На следующем этапе аудиозаписи эксперимента были сегментированы и аннотированы при помощи программы Praat с использованием знаков Международного фонетического алфавита на основании слухового, спектрографического и осциллографического анализа². Результаты сегментации были экспортированы как последовательность меток времени, содержащих информацию о границах выделенных сегментов.

Статистическая обработка и визуализация производилась при помощи языка программирования R.

Общая база исследования составила 64 лексемы различного слогового строя. Однако в настоящей работе мы опираемся на подробный анализ ряда из 11 односложных лексем структуры «взрывной согласный – гласный – носовой согласный»: *күн* ‘день’, *кин* ‘пупок’, *жин* ‘содержимое кишок и желудка’, *тан* ‘рассвет’, *тун* ‘глохни’, *jun* ‘мой’, *jon* ‘народ’, *jen* ‘рукав’, *түн* ‘ночь’, *jun* ‘перья’, *тöн* ‘бугор’.

В работе используются знаки Международного фонетического алфавита, которые соответствуют следующим орфографическим обозначениям и знакам УУФТ:

- [cç] – орф. j, УУФТ ħ;
- [ɣ] – орф. ŷ;
- [œ] – орф. ö;
- [ɔ] – орф. о.

² Boersma P., Weenink D. Praat: doing phonetics by computer. Version 6.1.17. URL: <https://www.fon.hum.uva.nl/praat/> (дата обращения 01.08.2024).

Результаты

1. Получение разверток УЗИ-изображения. На первом этапе исследования были получены временные развертки УЗИ-данных. Поскольку сегментация, выполненная в Praat, дает информацию о границах звуков, каждый кадр УЗИ можно соотнести с определенным звуком в исследуемом фонетическом слове. Это позволяет представить УЗИ-данные в виде временной развертки (раскадровки).

Покажем на рис. 1 развертку УЗИ начального фрагмента произнесения слова *jun* 'мой!', имеющего длительность 260 мс и охватывающего два первых звука фонетического слова: среднеязычный смычно-щелевой [с̥] и гласный [ʊ]. Рисунок разделен на ряд панелей, каждая из которых репрезентирует положение спинки языка в одну из фаз артикуляции, отстоящих на шаг 10 мс. Число на панели отмечает временную метку среза от начала фрагмента в секундах. Первый срез, отмеченный временной меткой 0, соответствует началу выдержки смычно-щелевого [с̥]. Панели со сплошными контурами соответствуют фонации звука [с̥]; панели с пунктирными контурами – произнесению [ʊ]. Граница звуков проходит по временной метке 150 мс. Последняя панель с временной меткой 260 мс соответствует концу фрагмента и обозначает контур спинки языка на границе между гласным [ʊ] и следующим за ним носовым [n].

На каждой панели положение спинки языка в данный момент времени обозначается синим контуром. Для удобства восприятия на каждой панели зеленой линией дублирован исходный контур, красной – конечный. Это упрощает определение того, как именно происходит движение от одной артикуляции к другой. Все панели графика выполнены в едином координатном пространстве. Оси *x* и *y* соответствуют горизонтальному и вертикальному положению точек языка так, что контур обрисовывает сагиттальную проекцию; лицо диктора ориентировано влево.

Развертка позволяет увидеть отдельные фазы коартикуляции между звуками [с̥] и [ʊ]. Так, на отрезке 0–100 мс спинка языка относительно малоподвижна и сохраняет свою форму. Очевидно, это можно соотнести с фазой выдержки смычного согласного. Начиная с отметки 100 мс, язык приходит в движение, реализуя размыкание смычки и переход ее в щель, при этом движение раскладывается на две фазы. На отрезке 100–120 мс передняя часть спинки языка начинает движение назад от нёба, однако средняя часть сохраняет свое положение. Далее на отрезке 120–140 мс назад уже движется всё тело языка. Щелевой компонент артикуляции, как следует из визуализации, не имеет устойчивой фазы, а реализуется в горизонтальном движении спинки языка в направлении от нёба. На точке 150 мс по акустическим данным фиксируется включение голосовых связок, граница щелевой артикуляции и начало фонации гласного. Однако граница звуков не изменяет принципиально характер артикуляционного движения: на отрезке 150–190 мс наблюдается движение спинки языка назад, к которому также добавляется сдвиг вверх. Только на отрезке 200–230 мс наблюдается относительно устойчивое сохранение положения языка, соответствующее артикуляции гласного. Далее на отрезке 240–260 мс наблюдается коартикуляционное движение, характеризующее уже приспособление к последующему согласному [n]. Спинка языка при этом опускается.

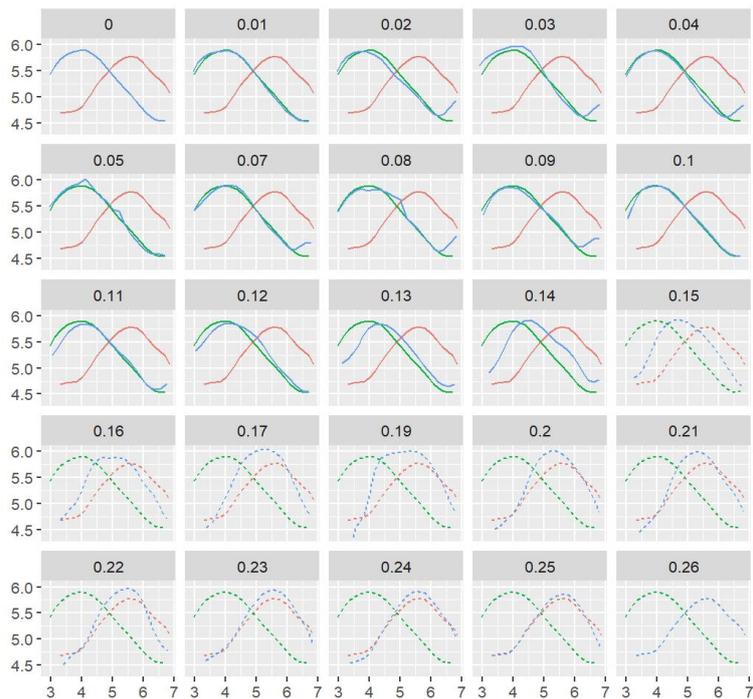


Рис. 1. Развертка УЗИ-записи фрагмента [cʃʊ], выделенного из произнесения лексемы *jun* 'мой!': зеленая линия – начальный контур, синяя – фазы переходного движения; красная – конечный контур; сплошные линии – фазы артикуляции [cʃ]; пунктирные – фазы артикуляции [ʊ]

Fig. 1. Time mapping of the ultrasound image of the speech section extracted from the lexeme *jun* 'wash!': green line – start shape; blue line – transition phases; red line – destination shape; solid lines – phases of [cʃ] articulation; ripple lines – phases of [ʊ] articulation

К сожалению, УЗИ не дает качественного изображения кончика языка, и на приведенных графиках передний отрезок язычного контура усечен. Однако даже в усеченном виде можно наблюдать появление изгиба передней части спинки языка, которое косвенно свидетельствует об образовании переднеязычного фокуса артикуляции.

2. Вычисление показателей палатализации. Методика разверток позволяет покрупно рассмотреть, как одна артикуляционная настройка переходит в следующую. Но подобные развертки трудно поддаются обобщению, поэтому на следующем этапе работы необходимо выделить признаки, характеризующие артикуляцию так, что позволяют различить отдельные звуки и могут быть рассмотрены в динамическом аспекте.

В нашей работе [Рыжикова и др., 2024] для определения качества звука по данным УЗИ вычислялись место максимального сужения, которое должно соответствовать фокусу основной артикуляции, и величина сужения. Но у такого метода есть ряд ограничений. Прежде всего проблема заключается в том, что на УЗИ не отображается нёбо, поэтому о положении пассивного артикулятора

можно судить лишь по косвенным признакам. Второе ограничение связано с тем, что костная ткань нижней челюсти сужает обзор прибора, и на контурах не удалось зафиксировать такой важнейший артикулятор, как кончик языка.

В данной работе мы применяем несколько иную методику. Для определения палатальности мы используем такие характеристики, как точка наибольшего подъема и высота точки наибольшего подъема. Данные характеристики показывают, в какую сторону и насколько сдвигается спинка языка. Как мы проиллюстрируем ниже, эти характеристики позволяют определить наличие палатализованной настройки. Однако при статическом подходе необходимо выбрать, в какой временной точке определять артикуляцию. Для согласного наиболее репрезентативной точкой могла бы стать фаза наибольшего подъема, которая приходится на выдержку артикуляции. При этом для гласного фаза наивысшего подъема может попадать на границу с соседним согласным. По этой причине для гласного предпочтительнее использовать усреднение параметров по всей длительности.

Покажем на рис. 2 названные характеристики нескольких аллофонов, исследованных в ходе эксперимента. Каждая буквенная отметка обозначает данный звук в отдельной лексеме. Цвет отметки показывает, в какой лексеме записан звук: синие метки обозначают звуки в мягкорядных словоформах, красные – в твердорядных.

По горизонтальной оси отложена точка наивысшего подъема. Как указано выше, каждый сплайн представлен 42 точками. Однако точки на концах линии выходят за пределы язычного контура либо зоны обзора прибора, поэтому каждый сплайн обрезан от точки 8 до точки 30. В наших предыдущих работах мы рассматривали сплайн как линию, охватывающую весь контур языка. Однако следует признать, что такой подход не вполне корректен, поскольку кончик языка приходится на усеченную часть сплайна. Более точно рассматривать контур как отрезок, охватывающий только спинку языка таким образом, что точки 8–13 соответствуют передней части спинки языка, 14–19 – средней части, 20–24 – задней части; 24–30 – корню.

По вертикальной оси показана величина подъема наивысшей точки языка.

Приведенный график наглядно показывает движение спинки языка в отдельных артикуляциях. Так, параметр точки наивысшего подъема позволяет различить среднеязычные и заднеязычные настройки.

К первой группе относятся артикуляции с точкой наименьшего подъема менее 20 и высотой наивысшей точки более 5,8. Такие коэффициенты говорят о подъеме средней части спинки языка, т. е. о палатальной артикуляции. Сюда входят:

- гласные переднего ряда [i], [y], [e], [œ];
- мягкорядные реализации переднеязычных и заднеязычных согласных [t], [n], [k], [ŋ];
- реализации среднеязычного согласного [ç] как в твердорядных, так и в мягкорядных словоформах.

Ко второй группе относятся реализации с точкой наибольшего подъема более 20 и высотой наивысшей точки более 5,8. Такая конфигурация характерна для движения задней части спинки языка назад и вверх, что можно соотносить с велярной артикуляцией. Сюда входят:

- гласный заднего ряда верхнего подъема [o];
- твердорядные реализации заднеязычного согласного [ŋ].

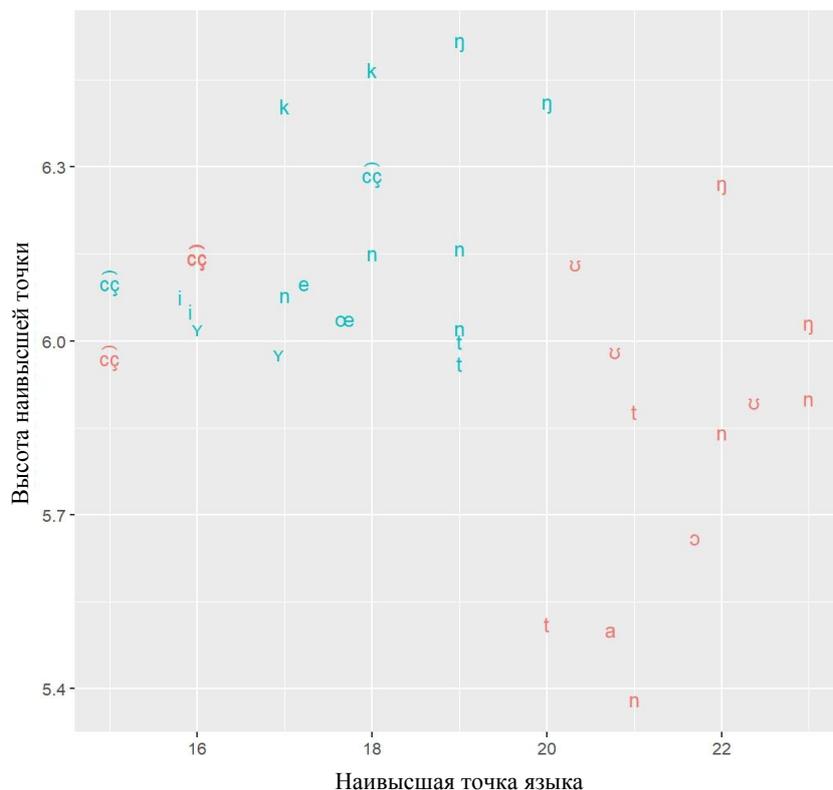


Рис. 2. Распределение язычных коэффициентов в выборке: синие метки – в мягкорядных словоформах; красные метки – в твердорядных

Fig. 2. Tongue coefficient distribution in the sample data: blue marks – front-vowel words; red marks – back-vowel words

Третья группа включает реализации с точкой наивысшего подъема более 20 и высотой наивысшей точки менее 5,8. Такая конфигурация означает движение задней части спинки языка вниз и назад. Сюда относятся:

- гласные заднего ряда неверхнего подъема [a] и [ɔ];
- твердорядные реализации переднеязычных согласных [t] и [n].

Что касается признака высоты наивысшей точки, то эта характеристика оказывается релевантной не сама по себе, а в сочетании с точкой наивысшего подъема. Если провести в каждую точку на графике вектор из условного центра артикуляционного пространства, оба признака в совокупности позволяют определить, насколько далеко смещается спинка языка от нейтрального положения.

Максимальное отстояние точки наивысшего подъема возможно в тех условиях, когда спинка языка касается нёба, образуя преграду, т. е. точка наивысшего подъема является фокусом основной артикуляции. Сюда относятся среднеязычный согласный [cç] и заднеязычные [k], [ŋ] независимо от того, в твердорядной или мягкорядной словоформе они были записаны.

Меньшее отстояние характеризует звуки, где спинка языка только смещается к пассивному артикулятору, но не достигает его. Это наблюдается для гласных,

а также для зубных согласных, для которых палатальный и велярный фокусы не являются основными фокусами артикуляции.

Также можно заметить, что для гласных степень отстояния также коррелирует с подъемом гласного: чем выше подъем, тем дальше положение наивысшей точки от центра. Так, в переднем ряду верхние гласные [i], [y] отличаются меньшей наивысшей точкой, т. е. сильнее удалены от центра, чем [e], [œ]. В заднем же ряду признак высоты наивысшей точки формирует градицию по подъему [a], [ɔ], [o].

Таким образом, методика язычных коэффициентов позволяет разграничить отдельные типы артикуляций. Однако эти данные, в принципе, соотносятся с известными фактами и сами по себе не представляют большого интереса. Более важные данные можно получить, если совместить вычисление коэффициентов с построением УЗИ-разверток. Это позволяет рассмотреть палатальность в динамическом аспекте.

3. Построение контуров палатализации. В подпункте «Получение разверток УЗИ-изображения» мы показали, как применение развертки УЗИ-изображения позволяет кадр за кадром проследить переход от одной артикуляционной настройки к другой. В подпункте «Вычисление показателей палатализации» мы показали, как вычисление язычных коэффициентов на основании профиля УЗИ может разделить различные типы артикуляций. Совмещение данных принципов позволяет вычислить язычные коэффициенты на каждом кадре УЗИ-развертки, а затем составить динамические контуры артикуляции. Покажем на рис. 3 динамические контуры палатализации для одного произнесения лексемы *jun* ‘мой!’, развертка которого показана на рис. 1. Для наглядности контур совмещен с осциллограммой и спектрограммой сигнала. Нижний контур, подписанный меткой *point*, показывает точку наивысшего подъема, вычисленную способом, описанным в подпункте «Вычисление показателей палатализации», и характеризует смещение спинки языка по горизонтали. Верхний график, подписанный *height*, соответствует подъему наивысшей точки языка.

График позволяет увидеть движения языка, описанные в подпункте «Получение разверток УЗИ-изображения», но в более компактной форме. Так, мы наблюдаем, как после размыкания смычки спинка языка начинает движение назад (об этом свидетельствует нарастание параметра *point*), которое продолжается в течение артикуляции гласного до достижения целевой артикуляции конечного носового согласного. В течение реализации гласного спинка языка, судя по контуру параметра *height*, незначительно поднимается, а затем начинает опускаться, продолжая свое движение и в течение артикуляции согласного.

Если ориентироваться на границы признаков, выявленные во втором подпункте, то можно выделить границы палатального и велярного движения. Соответствующие границы показаны на рисунке прямоугольными маркерами.

Покажем для сопоставления на рис. 4, а, б, в контуры еще нескольких лексем, образующих ряд квазиомонимов.

Так, на рис. 4, б показаны контуры для произнесения лексемы *tun* ‘глохни!’. Видно, что всё фонетическое слово характеризуется подъемом задней части спинки языка, поскольку точка наивысшего подъема лежит выше отметки 20. Задняя часть спинки языка поднимается в течение длительности звука [t] в сторону велярной артикуляции и достигает наивысшей точки в середине произнесения звука [o], затем начинает движение вниз, которое переходит в устойчивую артикуляцию звука [n].

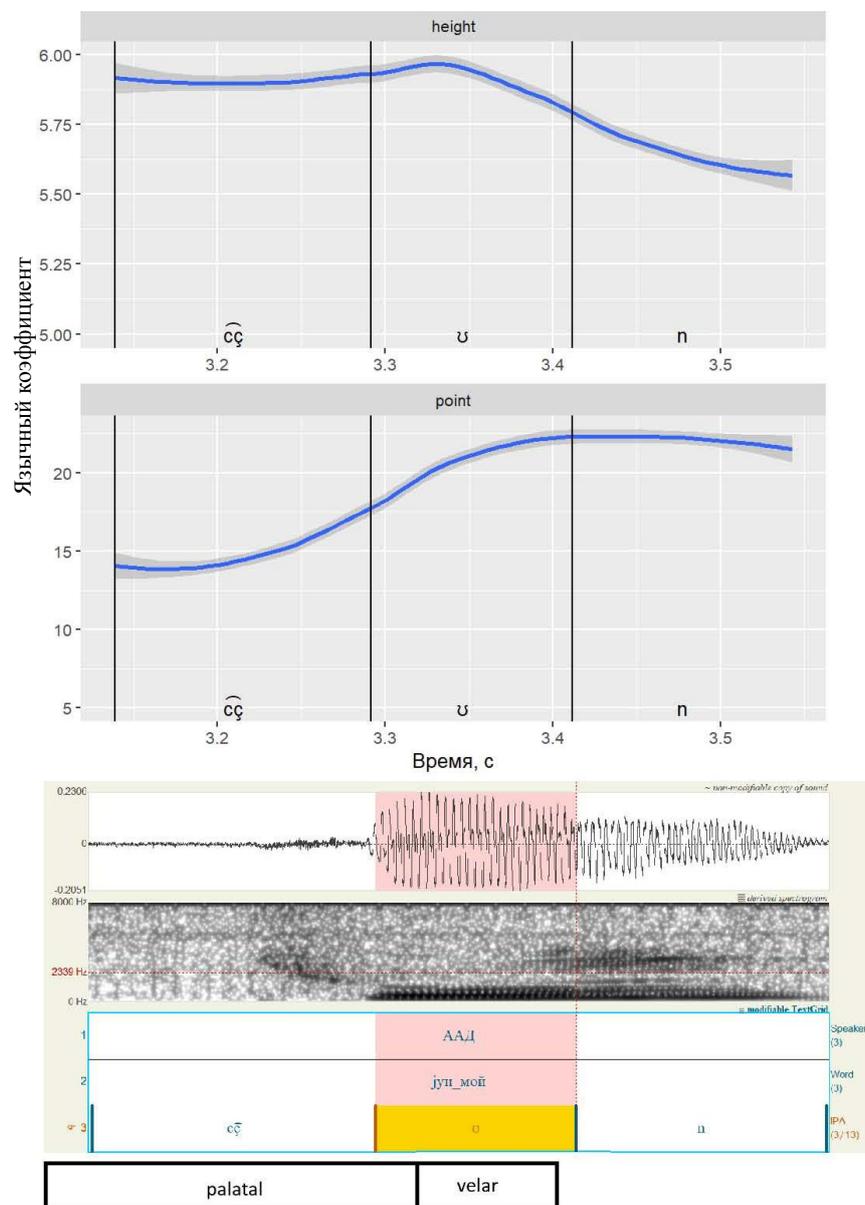
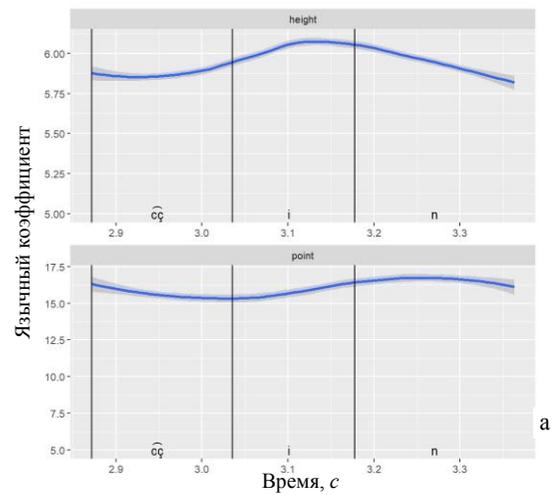
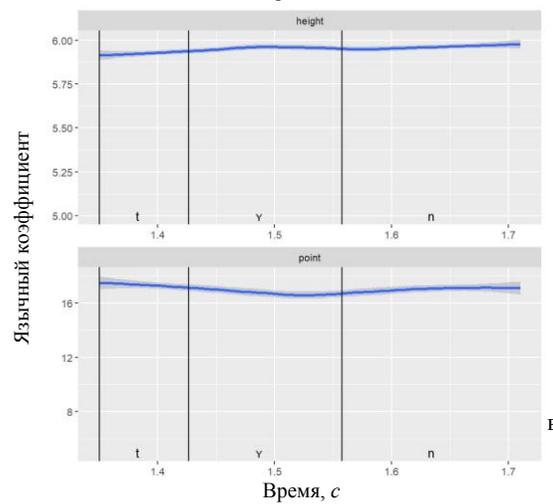


Рис. 3. Спектрограмма, осциллограмма и контуры язычных коэффициентов для лексемы *jun* 'мой!'

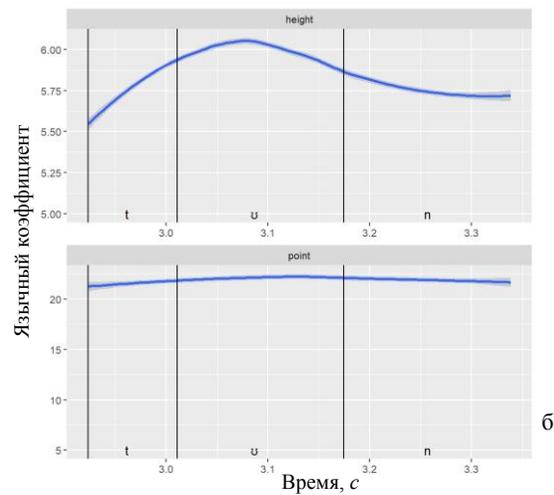
Fig. 3. Spectrogram, waveform, and tongue coefficients for the lexeme *jun* 'wash!'



а



в



б

Рис. 4. Контуры язычных коэффициентов в произнесении лексем:
 а – *jun* ‘содержимое кишок и желудка’;
 б – *тун* ‘глохни!’, в – *түн* ‘ночь’
 Fig. 4. Tongue coefficient contours for the realizations of the lexemes:
 а – *jun* ‘stomach contents’,
 б – *тун* ‘go deaf!’, в – *түн* ‘night’

На рис. 4, в показаны аналогичные контуры для лексемы *тўн* ‘ночь’. Точка наивысшего подъема на всей длительности фонетического слова составляет менее 20, а величина подъема более 5,8, что говорит о наличии палатальной артикуляции. Пик палатальной артикуляции приходится на середину гласного, поскольку в данной точке отстояние спинки языка от артикуляционного центра максимально.

Похожим образом в произнесении лексемы *јин* ‘содержимое кишок и желудка’ (рис. 4, а) палатальная артикуляция охватывает всё фонетическое слово, однако в данном произнесении максимум палатальности приходится не на середину гласного, а на границу между палатальным согласным и гласным.

Построение подобных контуров позволяет выявить границы палатальной и веларной артикуляции, и мы можем наконец перейти к обобщающей схеме.

На рис. 5 приведены динамические артикуляционные схемы для лексем, проанализированных в ходе эксперимента.

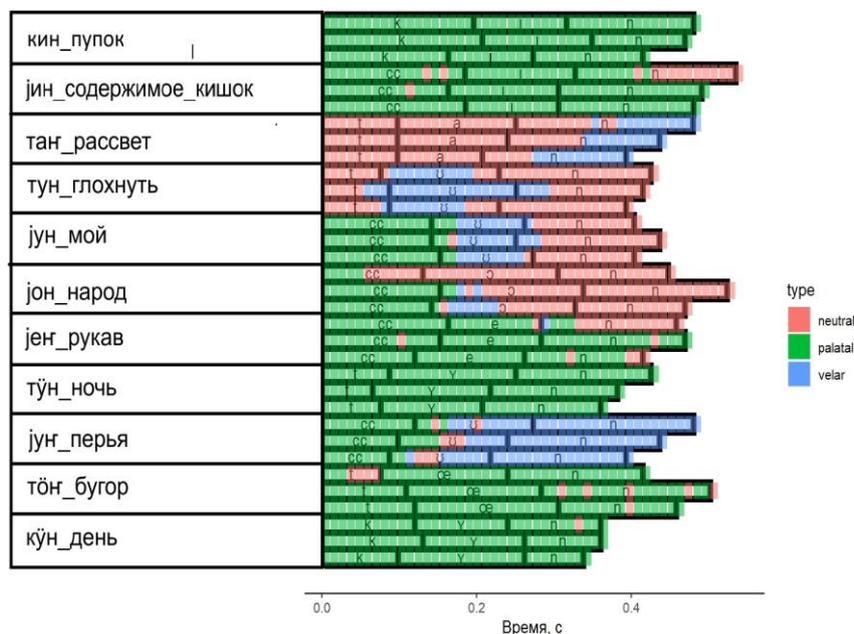


Рис. 5. Динамические схемы артикуляции для исследованных лексем
Fig. 5. Dynamic articulation score for the investigated lexemes

В каждой схеме отдельной строчкой обозначается фонетическое слово (всего таких строчек 33, поскольку каждая из 11 исследованных лексем анализировалась в трехкратном произношении). Строчка на схеме состоит из прямоугольных блоков, каждый из которых обозначает один звук. Границы звука определены на основании акустических данных. Внутри каждого блока подписана транскрипция данного звукового сегмента. Высота блока фиксирована, а ширина обозначает длительность. Для оценки временного масштаба внизу схемы приводится времен-

ная шкала. Время отсчитывается от начала фонетического слова, поэтому все строчки схемы имеют начальную точку 0 и разную конечную точку в зависимости от длительности фонетического слова.

Цветные клетки, заполняющие строчки схемы обозначают тип артикуляционного движения, выделенный на основании язычных индексов, описанных в подпунктах 2 и 3 данного раздела. Ширина клетки соответствует шагу 10 мс. Зеленая заливка обозначает палатальную конфигурацию, которая характеризуется подъемом средней части спинки языка. Голубой цвет показывает велярную настройку, которая характеризуется подъемом задней части спинки языка. Розовый оттенок показывает артикуляции, которые не могут быть отнесены ни к одному из данных типов. Можно заметить отдельные вкрапления розовых отметок сплошными зонами, что вызвано случайными колебаниями параметров в пограничных зонах.

Мы наблюдаем, что границы отдельных артикуляционных движений не совпадают с границами звуков. Таким образом, динамическая схема показывает зоны переходных артикуляций и характер артикуляционных настроек в них.

4. Характер палатализации по данным динамического ультразвукового исследования. Анализ динамических схем позволяет прийти к следующим выводам.

1. Мягкорядные словоформы произносятся с палатальной артикуляцией, охватывающей всё фонетическое слово: и инициальный согласный, и гласный, и финальный согласный. Подъем средней части спинки языка в таких формах сохраняется на протяжении всей длительности слова и не вызывает переходных артикуляций на границе гласного.

2. Твердорядные словоформы, не включающие среднеязычный согласный, произносятся без палатальной настройки: язык занимает нейтральное положение, либо его задняя часть поднимается к мягкому нёбу.

3. Согласный [сʃ] всегда имеет палатальную артикуляцию, даже в твердорядных словоформах, причем качество этой артикуляции не зависит от рядности гласного. В случае если среднеязычный согласный предшествует гласному заднего ряда, палатальность переходит на гласный и только затем исчезает, вызывая переходную артикуляцию и придавая гласному характер дифтонгоида. При этом финальный согласный не охватывается палатализацией.

Обсуждение и выводы

Настоящая работа преследовала цель описать на примере нескольких квазиомонимических лексем процесс коартикуляции по палатальности с использованием методики УЗИ. Для этого мы построили временные развертки изображения, где каждый шаг артикуляционного движения был представлен отдельным статичным кадром. Далее для каждого кадра были вычислены метрики, характеризующие положение спинки языка в соответствующий момент времени.

Из традиционных описаний известно, что палатальная артикуляция в алтайском языке представлена в двух вариантах:

1) в словоформах с гласным переднего ряда губные и переднеязычные согласные приобретают дополнительную артикуляцию – палатализацию, а у заднеязычных согласных модифицируется место образования;

2) основная палатальная артикуляция (палатальность) характеризует среднеязычные согласные.

Привлечение динамического аспекта позволяет понять, как эти артикуляции функционируют в контексте фонетического слова. Как показывают наши данные, механизм палатализации заключается в том, что подъем средней части спинки языка, характерный для гласных переднего ряда, распространяется на всё фонетическое слово, образуя дополнительный фокус артикуляции согласных. Напротив, палатальная артикуляция среднеязычного согласного не распространяется на фонетическое слово, а затрагивает только контактный гласный, образуя на его границе переходную артикуляцию.

Естественно, данные явления могут быть описаны в терминах традиционной структурной фонологии. В соответствии с этими принципами мы должны постулировать для согласных фонем алтайского языка два основных аллофона: твердо-рядный и мягкорядный. Причем если для переднеязычных различие заключается в наличии дополнительного подъема средней части спинки языка, то для заднеязычных меняется фокус основной артикуляции.

Непередние гласные, согласно этой модели, также реализуются в различных оттенках. После среднеязычного согласного гласные представлены в дифтонгоидных оттенках с упрежденной начальной фазой.

Однако мы полагаем, что структурный подход в данном случае имеет ряд ограничений. Дальнейшие исследования на основе данных УЗИ неизбежно приведут к обнаружению более сложных паттернов коартикуляции, и сведение их к дистрибуции статических аллофонов не может вполне выявить специфику артикуляционного движения. Внедрение динамического подхода в фонетические исследования требует не только современных приборов и программных средств, но и совершенствования теоретической базы.

Мы полагаем, что в этом отношении продуктивным может оказаться модель артикуляционных жестов, разрабатываемая отдельными научными школами [Browman, Goldstein, 1989].

Согласно этой концепции, каждый сегмент речевой цепи реализуется при взаимодействии особых типовых моторных программ – артикуляционных жестов. Каждый жест имеет начало и конец и характеризуется целевой артикуляцией, которая должна быть достигнута в течение длительности жеста. Коартикуляция трактуется как наложение жестов во времени.

В первом приближении можно утверждать, что для алтайского языка существует палатальный жест, целевой артикуляцией которого является подъем средней части спинки языка к твердому нёбу. Палатальный жест характерен для гласных переднего ряда, а также для среднеязычных согласных. Однако палатальный жест гласного имеет границы, совпадающие с границей фонетического слова, тогда как палатальный жест согласного ограничивается длительностью самого согласного. Таким образом, палатальность гласного распространяется на согласные, придавая им дополнительную артикуляцию, а палатальность согласного распространяется только на контактные гласные, что порождает коартикуляционное движение на границе гласного и его дифтонгизацию.

Список литературы

Добрынина А. А. Интонация простых интеррогативных высказываний в алтайском языке // Языки и фольклор коренных народов Сибири. 2023. № 4 (48). С. 9–15.

Кодзасов С. В., Кривнова О. Ф. Общая фонетика. М.: РГГУ, 2001. 592 с.

Рыжикова Т. Р., Тимкин Т. В., Добрынина А. А. Язычные носовые согласные алтайского языка (результаты электропалатографического и ультразвукового исследования) // Вестник Том. гос. ун-та. Филология. 2024. № 88. С. 92–110.

Чумакаева М. Ч. Согласные алтайского языка (на основе экспериментально-фонетических исследований). Горно-Алтайск: Алт. кн. изд-во, 1978. 234 с.

Browman C. P., Goldstein L. Articulatory gestures as phonological units // *Phonology*. 1989. Vol. 6, no. 2. P. 201–251.

Kelso J. A. S. The dynamical perspective on speech production: data and theory // *Journal of Phonetics*. 1986. Vol. 14, iss. 1. P. 29–59.

References

Browman C. P., Goldstein L. Articulatory gestures as phonological units. *Phonology*. 1989, vol. 6, no. 2, pp. 201–251.

Chumakaeva M. Ch. Soglasnye altayskogo yazyka (na osnove eksperimental'no-foneticheskikh issledovaniy) [Consonants of the Altai language (on the basis of experimental-phonetic studies)]. Gorno-Altaysk, Alt. kn. izd., 1978, 234 p

Dobrynina A. A. Intonatsiya prostykh interrogativnykh vyskazyvaniy v altayskom yazyke [Intonation of simple interrogative statements in the Altai language]. *Yazyki i Fol'klor Korenykh Narodov Sibiri* [Languages and Folklore of Indigenous Peoples of Siberia], 2023, no. 3 (48), pp. 9–15. DOI 10.25205/2312-6337-2023-4-9-15

Kelso J. A. S. The dynamical perspective on speech production: data and theory. *Journal of Phonetics*. 1986, vol. 14, iss. 1, pp. 29–59.

Kodzakov S. V. *Obshchaya fonetika* [General phonetics]. Moscow, RSUH, 2001, 592 p.

Ryzhikova T. R., Timkin T. V., Dobrynina A. A. Yazychnye nosovye soglasnye altayskogo yazyka (rezul'taty elektropalatograficheskogo i ul'trazvukovogo issledovaniya) [Lingual nasal consonants of the Altai language (results of electropalatographic and ultrasonic research)]. *Tomsk State University Journal of Philology*. 2024, no. 88, pp. 92–110. DOI 10.17223/19986645/88/5

Информация об авторах

Тимофей Владимирович Тимкин, кандидат филологических наук, научный сотрудник Института филологии Сибирского отделения Российской академии наук (Новосибирск, Россия)

Information about the authors

Timofey V Timkin, Candidate of Philology, Researcher, Institute of Philology of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russian Federation)

Статья поступила в редакцию 21.06.2024;
одобрена после рецензирования 08.07.2024; принята к публикации 08.07.2024
The article was submitted on 21.06.2024;
approved after reviewing on 08.07.2024; accepted for publication on 08.07.2024