

Научная статья

УДК 811.511.142

DOI 10.17223/18137083/95/11

**Взаимодействие качества и количества гласных
в хантыйском языке по данным ультразвуковой визуализации**

Тимофей Владимирович Тимкин¹

Полина Алексеевна Ляпина²

Полина Игоревна Ли³

¹⁻³ Институт филологии
Сибирского отделения Российской академии наук
Новосибирск, Россия

¹ ttimkin@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9001-4729>

² lyapinalina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3439-0129>

³ polina.li.14@mail.ru

Аннотация

Рассматриваются гласные хантыйского языка, записанные при помощи ультразвуковой визуализации в словоформах различного типа от двух носителей казымского диалекта. Верифицированы наблюдения, известные ранее преимущественно по акустическим данным: краткие гласные представлены в верхнем и нижнем подъеме, долгие в среднем и нижнем подъеме, непервый слог характеризуется качественной и количественной редукцией. Показано, что в непервом слоге гласные полного образования и редуцированный гласный имеют различные коартикуляционные стратегии, это объясняет сохранение основного тембра для гласных полного образования и высокую вариативность редуцированного гласного. Полученные данные интерпретированы в свете Н&Н-теории Б. Линдблома: редукция объясняется как гипоартикуляция, то есть неполное достижение целевых настроек из-за сокращения и упрощения звуковых переходов.

Ключевые слова

экспериментальная фонетика, хантыйский язык, казымский диалект, ультразвуковая визуализация

Благодарности

Исследование выполнено в рамках проекта РНФ № 24-78-10080 «Позиционная трансформация квантитативных признаков гласных в типологическом аспекте в языках Сибири (на материале тюркских и обско-угорских идиомов)», руководитель канд. филол. наук Тимофей Владимирович Тимкин

Для цитирования

Тимкин Т. В., Ляпина П. А., Ли П. И. Взаимодействие качества и количества гласных в хантыйском языке по данным ультразвуковой визуализации // Сибирский филологический журнал. 2026. № 2. С. 158–175. DOI 10.17223/18137083/95/11

© Тимкин Т. В., Ляпина П. А., Ли П. И., 2026

ISSN 1813-7083

Сибирский филологический журнал. 2026. № 2. С. 158–175

Sibirskii Filologicheskii Zhurnal [Siberian Journal of Philology], 2026, no. 2, pp. 158–175

The interaction between vowel quality and quantity in the Khanty language: An ultrasound visualization study

Timofey V. Timkin¹, Polina A. Lyapina², Polina I. Li³

¹⁻³ Institute of Philology
of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences
Novosibirsk, Russian Federation

¹ ttimkin@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9001-4729>

² lyapinalina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3439-0129>

³ polina.li.14@mail.ru

Abstract

This paper examines tongue movement during vowel production in the Kazym dialect of the Khanty language, captured via ultrasound intraoral imaging and synchronous audio recordings of two native speakers. Vowels were recorded in monosyllabic, bisyllabic, and polysyllabic wordforms and annotated with phonetic transcription. Articulatory movements were synchronized with sound boundaries derived from acoustic data. Tongue shapes were extracted for statistical analysis as control point coordinates. Using the R programming language, summarized tongue profiles were generated, and peak tongue height metrics were calculated to compare articulation and track movement over time. Absolute and relative duration metrics were also employed to describe vowel quantity. The obtained somatic data corroborate previous acoustic findings. The results reveal that short vowels include high /i/, /ɨ/, /u/ and low /a/, while long vowels consist of mid /e:/, /ø:/, /o:/ and low /a:/. Non-first syllables are identified as primary positions for both quality and quantity reduction. This reduction process is analyzed dynamically. Findings show that full vowels (/i/, /e:/, /a:/) in non-first syllables maintain coarticulatory strategies typical of the first syllable, triggering consonant accommodation or exhibiting shifting tongue movement directions. Thus, full vowels retain a timbre close to their first-syllable realizations, albeit slightly centralized due to shortened duration. Conversely, reduced vowels employ a different coarticulatory strategy, manifesting as a transitional movement from one consonant to the next, resulting in high timbral variability. This phenomenon is interpreted through B. Lindblom's H&H-theory as an example of hypoarticulation, a simplification of sound transitions where targets are only partially reached.

Keywords

experimental phonetics, Khanty language, Kazym dialect, Ultrasound inoral imaging

Acknowledgments

The research was supported by the Russian Science Foundation, project no. 24-78-10080, "Positional transformation of quantitative vowel features in the typological aspect in the languages of Siberia (based on the material of Turkic and Ob-Ugric idioms)," led by T. V. Timkin

For citation

Timkin T. V., Lyapina P. A., Li P. I. Vzaimodeystviye kachestva i kolichestva glasnykh v khantyyskom yazyke po dannym ul'trazvukovoy vizualizatsii [The interaction between vowel quality and quantity in the Khanty language: An ultrasound visualization study]. *Sibirskii Filologicheskii Zhurnal [Siberian Journal of Philology]*. 2026, no. 2, pp. 158–175. (In Russian) DOI 10.17223/18137083/95/11

ISSN 1813-7083

Сибирский филологический журнал. 2026. № 2

Sibirskii Filologicheskii Zhurnal [Siberian Journal of Philology], 2026, no. 2

Введение

В общей фонетике под качественными, или квалитативными, характеристиками обычно подразумеваются громкость, высота и тембр звука. В свою очередь, количественными, или квантитативными, характеристиками называют характеристики длительности звука.

Круг вопросов, рассматриваемый как проблема взаимодействия качества и количества гласных, охватывает следующие темы.

1. В системах с противопоставлением долгих и кратких гласных парные по долготе фонемы могут отличаться также тембральными оттенками. Фонологические подсистемы кратких и долгих гласных могут быть несимметричными, а характер этой асимметрии должен быть учтен в описании вокализма.

2. В зависимости от контекстных условий гласные могут испытывать различные позиционные трансформации по длительности, которые также сопровождаются изменениями тембра гласных.

3. Коартикуляционное взаимодействие на границе гласного и согласного может реализоваться различным образом для кратких и долгих гласных.

Особое место среди явлений позиционной трансформации по длительности занимает редукция, т. е. изменение гласных, вызванное ослаблением мышечного напряжения и меньшей тщательностью артикуляции. Редукция и коартикуляционное взаимодействие звуков порождают значительное количество позиционных вариантов, которое трудно охватить в рамках традиционной структурной фонологии, описывающей речевые реализации фонемы как список аллофонов.

Одной из наиболее распространенных моделей, объясняющих фонетическую вариативность речи, является концепция Б. Линдблома [Lindblom, 1990], известная как Н&Н-теория. Согласно этому представлению, говорящий в зависимости от условий может использовать континуум вариантов между двумя стратегиями: гиперартикуляцией, направленной на максимальную различительную способность речи, и гипоартикуляцией, направленной на экономию усилий при произнесении. Б. Линдблом вводит понятие артикуляционного «промаха» (undershoot), при котором целевая артикуляция в силу редукции не достигается.

Б. Линдблом показывает, что в четкой речи артикуляционный «промах» имеет меньшее значение не только в силу того, что звуки становятся длиннее, но и потому, что сам характер перехода между звуками меняется.

Применение элементов динамического подхода и теории гипер- и гипоартикуляции к фонетическому описанию представляется продуктивным для языков народов Сибири в свете появления новых экспериментальных методик, недостаточно апробированных на сибирском языковом материале.

Ранее видоизменения, связанные с трансформациями по качеству и количеству гласных в хантыйском языке, исследовались преимущественно акустическими методами. Так, в монографии [Куркина, 2000] показаны формантные характеристики, абсолютные и относительные длительности гласных казымского диалекта хантыйского языка. Показано, что подсистема кратких и долгих гласных несимметрична. Она включает четыре кратких гласных, имеющих следующую ингерентную длительность:

- /i/ – 111 %;
- /ö/ – 112,7 %;
- /ö/ – 114,5 %;
- /ä/ – 109,1 %;

и четыре долгих:

/e:/ – 156,4 %;

/ë:/ – 151,3 %;

/ö:/ – 151,2 %;

/ä:/ – 152,4 %.

При этом сильной позицией гласного в обско-угорских идиомах является первый слог. В непервых слогах наблюдается качественная и количественная редукция гласных, реализуются только фонемы /i/, /e:/, /ä:/ (гласные полного образования) и редуцированный гласный /э/, который, по мнению Г. Г. Куркиной, является самостоятельной фонемой.

Цель данной работы – показать особенности артикуляционного варьирования, сопровождающего изменение гласных по длительности, по данным ультразвуковой визуализации.

Материалы и методы

Фонетический эксперимент был проведен в г. Ханты-Мансийске с применением экспериментальной установки Articulate Instruments UltraFit Headset¹. В качестве испытуемых выступили дикторы – носители казымского диалекта.

Расчеты в данной статье приводятся по данным двух дикторов. Первый диктор – женщина 1970 г. рождения, носитель верхнеказымского говора, владеет родным языком с детства, русским языком – со школы, образование высшее. Второй диктор – мужчина 1970 г. рождения, носитель усть-казымского говора, владеет родным языком с детства, русским языком – со школы, образование высшее.

Экспериментальная установка представляет собой жесткий пластиковый каркас, надеваемый на голову диктора, оснащенный зажимом для ультразвукового зонда. Зонд направляется между горлом и подбородком диктора, таким образом, проникающее ультразвуковое излучение позволяет визуализировать контур спинки языка.

Синхронная аудиозапись производилась при помощи петличного микрофона Røde SmartLav и звуковой карты Focusrite Scarlett. Синхронизация аудиозаписи и УЗИ-визуализации выполнялась при помощи специальных устройств, входящих в комплект УЗИ-шлема.

В ходе эксперимента носители получали русскоязычный стимул и говорили хантыйский эквивалент в трехкратном изолированном произнесении. Программа включала словоформы различной слоговой организации: моносиллабы, бисиллабы, полисиллабы.

Запись производилась при помощи программного обеспечения Articulate Assistant Advanced². Далее при помощи этой же программы была выполнена обработка результатов. Контур языка, видимые на УЗИ-изображениях, были по-кадрово обрисованы в полуавтоматическом режиме при помощи кривых линий – так называемых сплайнов. На основании слухового, осциллографического и спектрографического анализа в записях были выставлены границы звуковых сегментов и выполнена транскрипция. Далее все сплайны, соответствующие исследуемым звукам, были экспортированы в табличном цифровом виде как двумерные координаты 42 контрольных точек.

¹ <https://articulateinstruments.com/ultrafit-headset/>

² <https://articulateinstruments.com/aaa-app/>

Дальнейшая статистическая обработка производилась при помощи программного обеспечения R. Рассмотрено более 250 фонетических слов от первого диктора и более 200 от второго. В общей сложности от двух информантов проанализировано более 500 реализаций гласных в первом слоге и более 300 в непервом.

Ультразвуковая визуализация широко используется в различных областях современной фонетики [Zhang et al., 2019]. Однако на сибирском языковом материале данный метод применяется все еще недостаточно, хотя некоторые данные получены на материале алтайского [Рыжикова и др., 2023], телеутского и сибирскотатарского [Токмашев и др., 2023], ненецкого [Амелина, Макеева, 2025] языков.

Единой методологии обработки УЗИ-изображений на сегодняшний день не сложилось. Так, в обзоре [Cleland, 2020] обобщено 15 различных способов интерпретации УЗИ-данных, представленных в литературе. Часть этих методик направлена на сравнение нескольких контуров языка методами статистики. В других работах оценивается движение контрольных точек, отбираемых либо по отношению к неподвижной системе отсчета, либо на основе взаимного расположения точек профиля.

В связи с ориентированностью настоящего исследования на описание позиционных трансформаций нам необходим способ, позволяющий выделить контрольные точки, соотносимые с артикуляторами, и развернуть их движение во времени.

Подобные методики широко применяются для анализа электромагнитной артикулографии, где на контрольные точки языка наклеиваются специальные датчики. Выделить контрольные точки по данным УЗИ представляется сложной проблемой. Например, в работах [Wrench, Balch-Tomes, 2022; Balch-Tomas et al., 2024] с использованием машинного обучения получены лишь предварительные данные.

По этой причине в настоящей работе для оценки динамических эффектов в качестве оптимального компромисса была выбрана достаточно простая метрика наивысшей точки языка, расчет которой будет описан ниже.

Результаты

Тембральные различия долгих и кратких гласных. Покажем на рис. 1 обобщенные контуры языка в сагиттальной проекции по данным первого диктора. Каждый контур получен усреднением координат отдельных точек по всем произнесениям фонемы в позиции первого слога. Цвет контура на графике обозначает фонему, по реализации которой он построен.

Графики ориентированы следующим образом: движение кончика языка представлено на изображении слева, корня языка – справа. На рис. 1, *a* приводятся данные по долгим гласным, на рис. 1, *b* – по кратким. Оси графика подписаны условными единицами, показывающими горизонтальную и вертикальную координату каждой точки контура в двухмерном пространстве измерения прибора.

Для оценки качества гласного мы считаем продуктивным использовать координаты точки, наиболее удаленной от артикуляционного центра, что хорошо позволяет локализовать основной фокус артикуляции. Однако вычисление такой метрики зависит от выбранной точки отсчета и связано с рядом трудностей. Вместо этого в данной работе мы используем упрощенную метрику координат точки

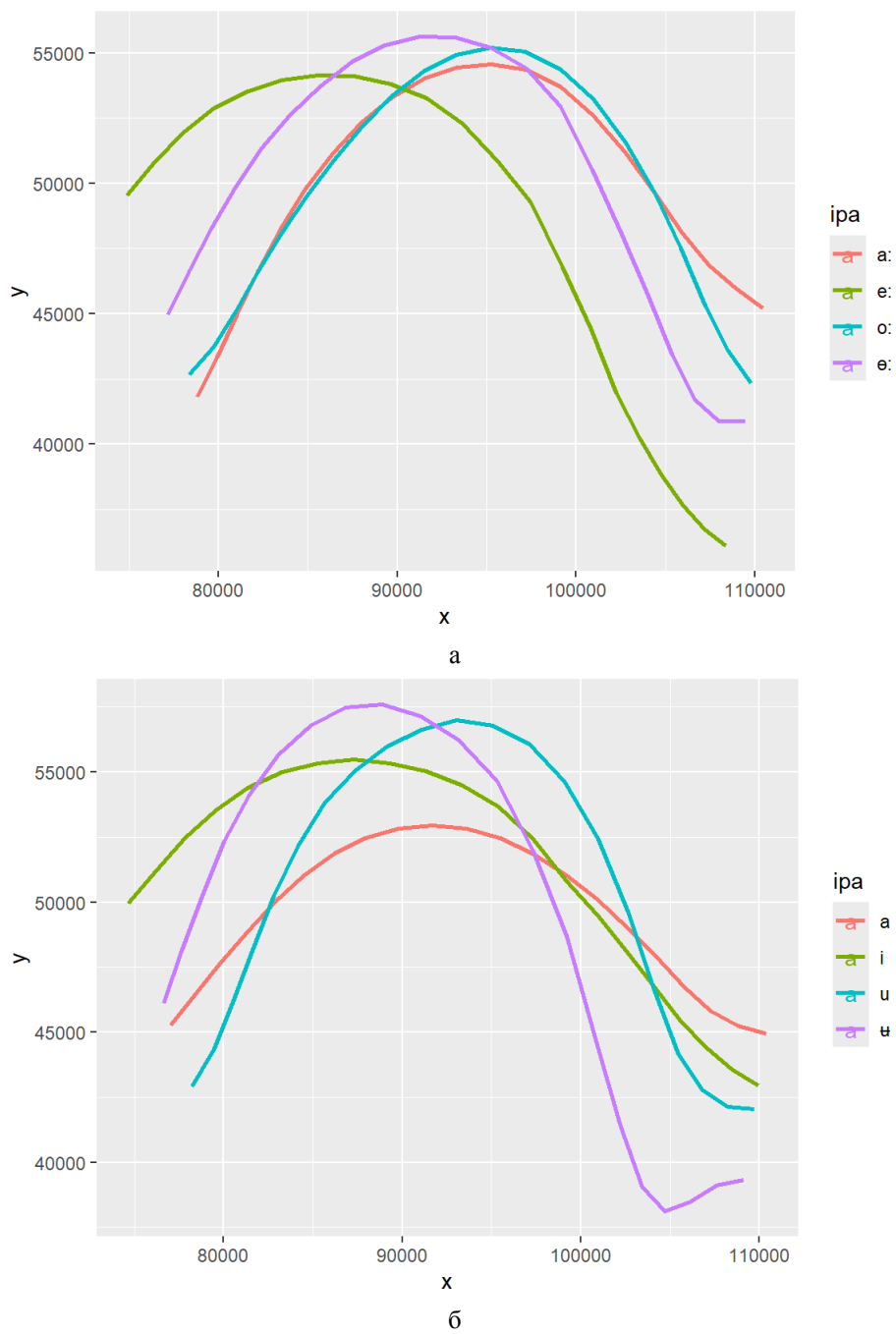


Рис. 1. Обобщенные контуры языка для произнесений долгих (*a*) и кратких (*б*) фонем в первом слоге по данным первого диктора

Fig. 1. Summarized tongue shapes for long (*a*) and short (*b*) vowels in the first syllable (Speaker 1)

наивысшего подъема. Она вычисляется как точка с максимальным значением координаты у в каждый момент произнесения, характеристики которой затем могут быть развернуты во времени или усреднены по всей длительности произнесения. Как показывают расчеты, эта метрика может быть эффективным коррелятом подъема для гласных среднего и заднего ряда, хотя и дает несколько заниженные значения при работе с гласными переднего ряда. По нашему мнению, это наблюдение получает обоснование в свете концепции Дж. Эслинга [Esling, 2005] о трех типах вокальной артикуляции.

Тип *front* характеризуется движением языка вперед и вверх относительно нейтральной артикуляции и соответствует традиционно выделяемым гласным переднего ряда верхнего и среднего подъема. Тип *raised* характеризуется движением языка назад и вверх и соответствует традиционно выделяемым гласным центрального и заднего ряда среднего и верхнего подъема. Для гласных *front* и *raised* точка наивысшего подъема показывает, какая часть языка создает фокус артикуляции и соответствует традиционному признаку ряда.

Тип *retracted* характеризуется оттягиванием языка назад с возможным движением вниз и соответствует традиционно выделяемым гласным нижнего подъема, которые не всегда полностью дифференцированы по ряду.

Приведем в табл. 1 данные по гласным первого слога на материале двух носителей. Фонемы затранскрибированы знаками Международного фонетического алфавита и соответствуют обозначениям на графиках. Также приводятся соответствия по Универсальной унифицированной фонетической транскрипции (УУФТ), которая используется в монографии Г. Г. Куркиной [2020], и количественные данные выделяемых фонем: абсолютная длительность в миллисекундах, вычисленная на основании акустического анализа, и относительная длительность в процентном отношении, где за 100 % взята средняя длительность звука в словоформе.

Параметр «подъем наивысшей точки» в таблицах обозначает вертикальную координату наивысшей точки и позволяет оценить, насколько поднята спинка языка. Параметр «точка наивысшего подъема» содержит усредненный номер точки, в которой зафиксирована максимальная вертикальная координата. Поскольку точки пронумерованы от 1 до 42, начиная от кончика языка, эта характеристика позволяет оценить сдвиг спинки языка по горизонтальной оси: меньшее значение свидетельствует об упереднении, большее – об оттянутости назад.

Так, по данным первого диктора, гласные /i/, /e:/ имеют подъем в точках 14,9–14,4, что соответствует передней части спинки языка, противопоставляясь величиной подъема (соответственно имея подъем 57,5 vs 54,3 тыс. ед.). Для центральнорядных гласных /ы/, /ө:/ подъем находится в точках 15,9–17,3, т. е. в области средней части спинки языка, а величина подъема, противопоставляющая эти фонемы, 58,9 vs 55,7 тыс. ед. соответственно. Для заднерядных гласных /u/, /o:/ подъем находится в точках 17,9–19, т. е. в области задней части спинки языка, гласные противопоставляются по величине подъема (57,2 vs 55,3). Таким образом, для гласных *front* и *raised* точка наивысшего подъема отражает градацию по ряду.

Для гласных *retracted* наивысший подъем находится в районе точек 16,9–18,6, что сближает их с гласными центрального ряда, однако величина подъема значительно ниже, чем у гласных *raised* (меньше 54,6 тыс. ед.).

При этом внутри типов *front* и *raised* признак длительности соотносится с подъемом: гласные среднего подъема имеют меньшую длительность по сравнению с верхними (менее 75,6 % относительной длительности для верхних, более

126 % для средних). В типе *retracted* противопоставлены долгая и краткая фонемы (88,2 vs 110,9 % относительной длительности).

Данные по второму диктору в целом позволяют прийти к аналогичным выводам, однако с некоторыми отклонениями. Так, у второго диктора крайне близки значения для фонем /ʉ/, /u/, не давая надежного противопоставления (точка подъема соответственно 16,2 и 15,4; величина подъема 54,9 и 55,0, при этом диапазон между первым и третьим квартилем для точки подъема у двух выборок пересекается в зоне 15,5–16,2). В то же время фонемы хорошо противопоставляются передней /i/ (подъем 53,5 в точке 14,1, межквартильный диапазон значения точки в выборке 14,0–15,3). Для гласных среднего подъема, как и у первого диктора, точка наивысшего подъема служит эффективным маркером ряда (/e:/ vs /ø:/ vs /o:/ соответственно 14,4 vs 16,6 vs 18, межквартильные диапазоны не пересекаются).

Гласные *retracted* для второго диктора не соответствуют гласным *raised* по характеристике точки подъема, а имеют более высокое значение (18,9–20), что говорит о значительной оттянутости корня языка для а-образных артикуляций у данного диктора.

Таблица 1

Количественные и качественные характеристики реализаций гласных фонем
в первом слоге

Table 1

Quantity and quality features of first-syllable realizations of vowel phonemes

МФА	УУФТ	Подъем наивысшей точки	Точка наи- высшего подъема	Длительность	
				абсолютная, мс	относительная, %
Первый диктор					
i	/i/	57582	14,9	112	98,9
ɯ	/ʉ/	58916	15,9	124	75,6
u	/u/	57224	17,9	102	84,3
e:	/e:/	54324	14,4	167	122,6
ø:	/ø:/	55704	17,3	135	109,2
o:	/o:/	55343	19	132	117,7
a	/ɑ/	53305	16,9	105	88,2
a:	/ɑ:/	54695	18,6	177	110,9
Второй диктор					
i	/i/	53490	14,1	109	78,3
ɯ	/ʉ/	54880	16,2	94	60,2
u	/u/	54952	15,4	99	80,2
e:	/e:/	51990	14,4	133	81,9
ø:	/ø:/	53729	16,6	122	98,9
o:	/o:/	55344	18	151	93,5
a	/ɑ/	50077	18,9	101	75,6
a:	/ɑ:/	50243	20	148	115,7

При этом, как и у первого говорящего, верхние гласные имеют меньшую длительность (менее 80,2 %), чем средние (более 81,9 %), а в типе *retracted* противопоставляются долгая (115,7 % относительной длительности) и краткая (75,6 %) фонемы.

Тембры гласных непервого слога. Покажем на рис. 2 контуры спинки языка для фонем, представленных в непервом слоге, по данным первого диктора. В табл. 2 покажем характеристики гласных фонем по данным первого и второго дикторов.

Рассмотрим особенности реализации гласных в непервом слоге по данным первого диктора.

Гласная фонема /i/ реализуется с подъемом в точке 14,0, что соответствует реализациям первого слога, но имеет существенно меньшую величину подъема (54,5 тыс. ед.). Гласная /e:/ реализуется с подъемом в точке 14,1 и величиной подъема меньшей, чем характерно для той же фонемы в первом слоге (52,7 тыс. ед.). При этом противопоставление гласных по подъему сохраняется.

Гласная /a/ реализуется с подъемом в точке 17,6, что находится в области, характерной для реализаций первого слога, имея при этом сопоставимую величину подъема (54,0 тыс. ед.). Таким образом, гласные типа *front* в непервых слогах сохраняют свой основной характер, но значительно централизуются, гласные типа *retracted* реализуются близко к реализации первого слога.

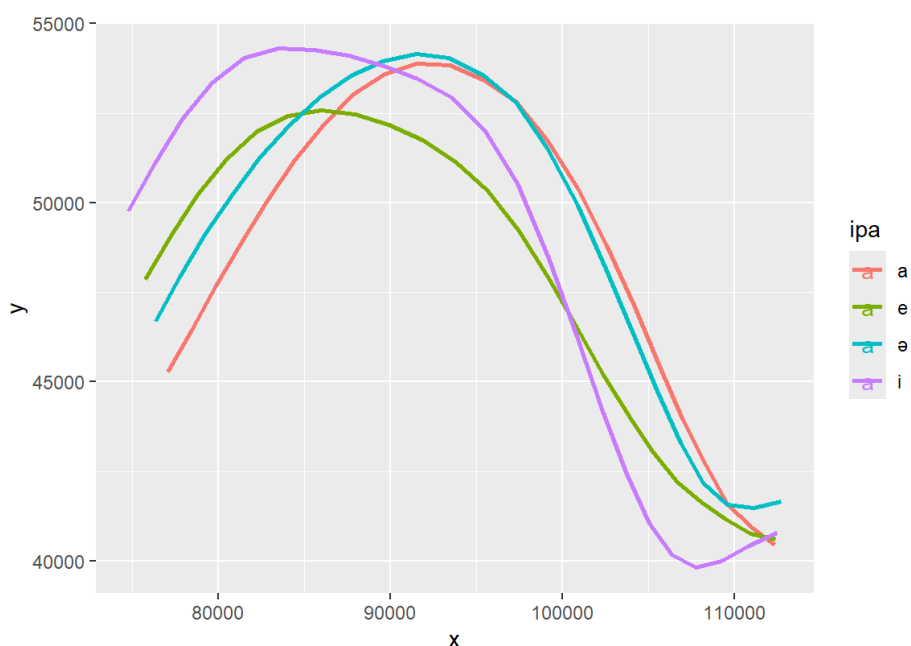


Рис. 2. Обобщенные контуры языка для произнесений долгих и кратких фонем в непервом слоге по данным первого диктора

Fig. 2. Summarized tongue shapes for long and short vowels in the non-first syllable (Speaker 1)

Таблица 2

Количественные и качественные характеристики реализаций гласных фонем
в непервом слове

Table 2

Quantity and quality features of non-first-syllable realizations of vowel phonemes

МФА	УУФТ	Подъем наивысшей точки	Точка наи- высшего подъема	Длительность	
				абсолютная, мс	относительная, %
Первый диктор					
i	/i/	54470	14,0	104	115,1
e	/e:/	52691	14,1	74	74,0
a	/ɑ:/	53999	17,6	114	121,6
ə	/ə/	54424	16,9	49	55,5
Второй диктор					
i	/i/	52220	14,5	118	112,2
e	/e:/	52718	14,0	73	53,3
a	/ɑ:/	51769	16,7	80	82,1
ə	/ə/	52220	15,5	50	53,3

Также в непервом слове представлен редуцированный гласный, который, согласно описанию Г. Г. Куркиной, выделяется как самостоятельная фонема /ə/, не имеющая реализаций в первом слове и характеризующаяся более краткой длительностью. По обобщенным значениям мы наблюдаем, что точка наивысшего подъема находится в зоне 16,9, т. е. в зоне реализации гласных центрального ряда, а величина подъема выше, чем для гласной /a/, но не достигает значений, характерных для гласных центрального ряда в первом слове.

Для второго диктора также отмечается, что гласные переднего ряда сохраняют характер типа *front*, однако разница между /i/ и /e:/ оказывается в значительной степени стертой.

Гласная /a/ для второго диктора, так же, как и для первого, имеет точку подъема в области центральнорядной артикуляции (16,7) при подъеме, меньшем, чем характерно для гласных *raised*. Аналогично гласная /ə/ имеет подъем в зоне центрального ряда, больший, чем характерно для /a/, но меньший, чем характерно для гласных среднего подъема в первом слове. Редуцированная фонема у данного диктора также отличается сверхкраткой реализацией, однако реализации /e:/ значительно сокращены и сближены с редуцированным гласным.

Количественная и качественная редукция непервого слога: опыт динамического подхода. Как свидетельствуют данные, в позиции редукции наблюдается значительный разброс показателей, взятых в статическом измерении, которое не может в полной мере объяснить, почему происходят позиционные трансформации.

Перспективой исследования является рассмотрение процесса редукции в динамическом аспекте, т. е. перенос фокуса внимания с положения артикуляторных органов на характер их движения.

Покажем некоторые предварительные данные в табл. 3.

В качестве примера рассмотрим последовательность «зубной согласный – гласный нижнего подъема – губной согласный». Такие сочетания примечательны

тем, что губной согласный имеет, как правило, достаточно высокий подъем задней части спинки языка, который не характерен для зубного согласного. Таким образом, язык в ходе коартикуляционного движения должен двигаться вверх, что противоречит характеру гласного нижнего подъема, который произносится с опущенным языком.

Таблица 3

Координаты контрольной точки наивысшего подъема
в некоторых звуковых цепях

Table 3

The highest point coordinates in selected sound chains

Звук	Координата наивысшей точки языка	
	вертикальная	горизонтальная
<i>сѣм</i> 'сердце'		
s	48,3	91,4
a	49,4	91,2
m	50,8	91,0
<i>йѣм</i> 'хорошо'		
j	51,0	90,5
a	50,3	90,7
m	50,8	90,9
<i>сыѣтам</i> 'чистый'		
t	49,4	90,9
a	49,9	90,9
m	50,4	90,7
<i>акаѣ</i> 'кукла'		
k	57,4	92,5
a	55,1	89,7
п	54,5	93,1
<i>ѣнтѣп</i> 'пояс'		
t	52,8	93,4
э	54,7	94,8
р	55,6	95,7

В первом слого это противоречие разрешается в моторной программе так, что спинка языка заранее занимает опущенное положение при произнесении зубного согласного, и это позволяет начать движение спинки вверх при произнесении гласного с низкой точки.

Проиллюстрируем это положение на примере словоформы *сѣм* 'сердце'. Первый согласный реализуется с подъемом средней части спинки языка 48,3 тыс. ед., что в целом меньше, чем характерно для этой фонемы. Далее, при артикуляции гласного спинка языка поднимается вверх до значения 50,8 тыс. ед. при произнесении губного согласного. Таким образом, коартикуляционным паттерном произнесения гласного *retracted* в этом типе становится предварительная подготовка согласного к последующему гласному, а гласный артикулируется в непрерывном движении.

Однако при произнесении, например, слова *йӓм* 'хорошо' такая коартикуляционная стратегия, очевидно, невозможна: если при продуцировании зубного согласного спинка языка может значительно варьировать по положению, то при произнесении среднеязычного согласного она участвует в основной артикуляции и должна быть в верхнем положении. В этом случае мы наблюдаем иную коартикуляционную стратегию: спинка языка сначала опускается, а затем изменяет направление движения и идет обратно вверх, занимая положение, характерное для губного согласного.

Таким образом, в одних случаях («стратегия аккомодации») артикулятор может двигаться от одного согласного к другому напрямую, а влияние гласного заключается в предварительном приспособлении согласных к гласному. В других случаях («стратегия перелома») артикулятор движется от предшествующего согласного к позиции, характерной для гласного, а затем меняет направление движения и идет к последующему согласному.

В контексте позиционных трансформаций гласных представляет интерес изменение этих коартикуляционных стратегий в позиции непервого слога.

Покажем, как переход «зубной согласный – гласный нижнего подъема – губной согласный» («стратегия аккомодации») реализуется в непервом слоге на примере лексемы *сыстам* 'чистый'. Как можно убедиться, в непервом слоге сохраняется стратегия, которую мы наблюдали в первом слоге: спинка языка при произнесении согласного *t* предварительно опущена (вертикальная координата 49,4 тыс. ед.). Затем при произнесении гласного *a* спинка языка движется вверх, проходя через промежуточные положения со средним значением вертикальной координаты 49,9 тыс. ед., и достигает при артикуляции согласного *m* значения 50,4 тыс. ед. В силу сокращения длительности гласного непервого слога переходное движение имеет меньший диапазон.

Приведем для сравнения коартикуляционное движение при произнесении лексемы *акань* 'кукла', где в непервом слоге должна реализоваться «стратегия перелома». Спинка языка, как это характерно для заднеязычного согласного, начинает движение с высокой точки (57,4 тыс. ед.), при артикуляции гласного нижнего подъема спинка резко идет вниз и вперед. Среднее значение вертикальной координаты при произнесении гласного составляет 55,1 тыс. ед. По достижении нижней точки спинка языка меняет направление движения и несколько поднимается вверх, а также отодвигается назад. Однако в среднем отношении согласный *ŋ* оказывается даже ниже по параметру вертикальной координаты (54,5 тыс. ед.). Это говорит о том, что в позиции редукиции «стратегия перелома» при гласном нижнего подъема сохраняется, хотя и оказывается несколько размытой.

Таким образом, в позиции редукиции для гласных полного образования сохраняются коартикуляционные стратегии, характерные для первого слога.

Сравним аналогичные коартикуляционные рисунки при гласном, который характеризуется как редуцированный.

В лексеме *ӓнтӓп* 'пояс' второй слог представляет последовательность «зубной согласный – редуцированный гласный – губной согласный». Согласный имеет максимальную вертикальную координату 52,8 тыс. ед., что выше, чем у реализаций в препозиции к /a/. При произнесении гласного спинка языка движется назад и вниз, достигая значения 55,6 тыс. ед. при губном согласном. Положение гласного представляет при этом непрерывное движение от предшествующего согласного к последующему.

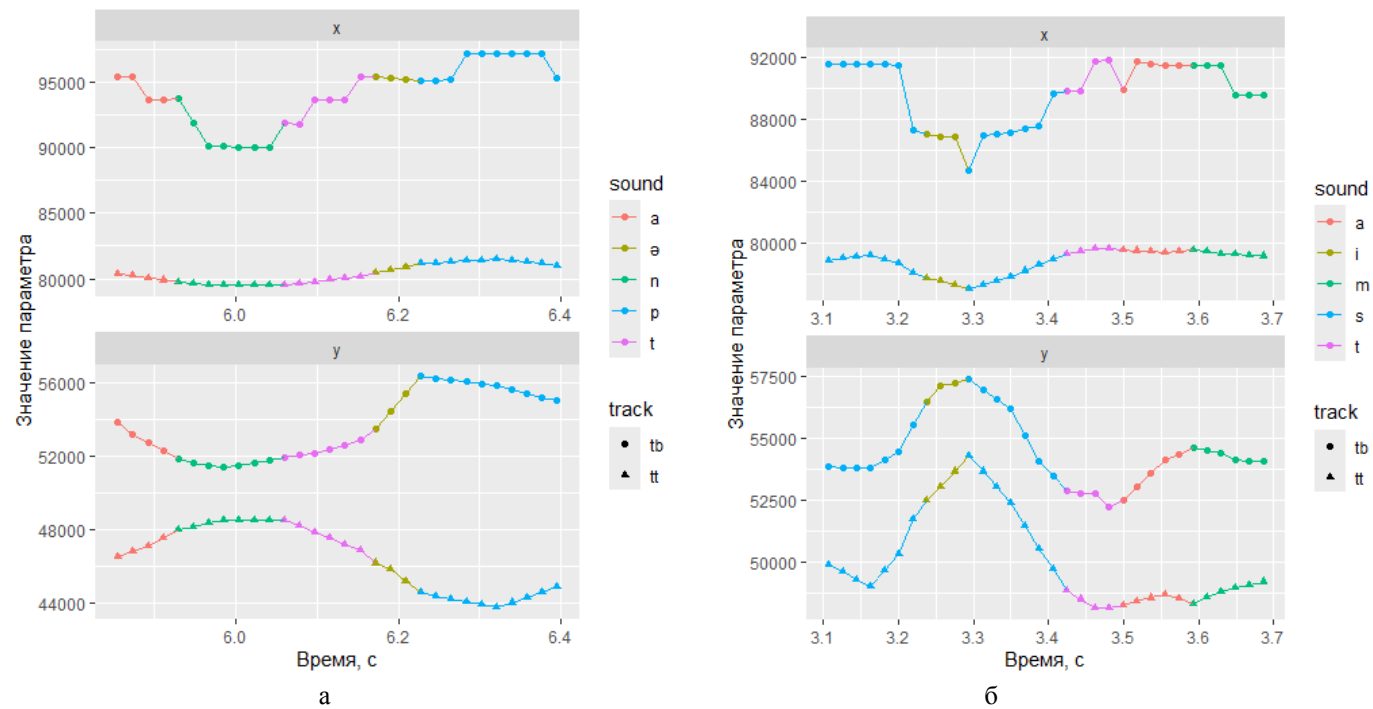


Рис. 3. Контурсы движения контрольных точек языка при произнесении лексем *а́нтэп* 'пояс' (а) и *сыста́м* 'чистый' (б)

Fig. 3. Movement tracks of tongue control points during the pronunciation of *ántəp* 'a belt' (a), *systám* 'clean' (b)

Сделаем это положение более наглядным, показав на рис. 3 графики движения контрольных точек языка в двух фонетических словах: *йтэп* 'пояс' и *сыстам* 'чистый'. Линии с круглыми маркерами (метка в легенде *tb – tongue body*) демонстрируют точку наивысшего подъема языка, эти данные соответствуют числовым значениям, приводимым выше в таблицах. Линии с треугольными маркерами (метка в легенде *tt – tongue tip*) – это дополнительный маркер, показывающий координаты одной из точек в передней части контура языка и дающий представление о движении передней части спинки языка.

На панели с меткой *x* представлена горизонтальная координата соответствующей точки: более высокое значение показывает более отодвинутое назад положение соответствующего артикулятора, низкое значение, соответственно, свидетельствует о продвинутой артикуляции вперед. На панели с меткой *y* показана вертикальная координата контрольной точки: высокое положение на графике соответствует приподнятой вверх позиции артикулирующего органа, низкое значение говорит об опускании артикулятора.

Цвет сегмента показывает звук, в котором записана соответствующая артикуляторная настройка. Точки графика, на которых меняется цвет контура, обозначают границы отдельных звуков. Каждый контур представляет собой развертку соответствующей пространственной координаты во времени.

На представленных хантыйских примерах мы видим, что гласный закрытого непервого слога фактически не имеет фазы устойчивой артикуляции, а представляет собой движение от предшествующего согласного к последующему. Гласные полного образования при этом сохраняют способность оказывать аккомодационное воздействие на контактные согласные, за счет чего сохраняется основной тембр гласного. Напротив, так называемый редуцированный гласный тембрально обусловлен в первую очередь консонантным контекстом, что объясняет его высокую вариативность и «нейтральный» характер.

Обсуждение и заключение

По сравнению со значениями, приводимыми в монографии Г. Г. Куркиной, данные о длительности, полученные в нашей работе, показывают тенденцию к значительно более сокращенному произнесению гласных. Тем не менее наши значения находятся в пределах вариативности, описанной для хантыйских фонем.

В работе Г. Г. Куркиной основными соматическими методиками для описания качества гласных были лабиография и дентопалатография. Если лабиография дает объективное описание губных артикуляций, то дентопалатография предоставляет лишь косвенные данные о положении языка, поскольку при артикуляции гласных язык не смыкается с нёбом.

Таким образом, сведения о ряде и подъеме гласных ранее основывались преимущественно на акустических данных. По результатам настоящего эксперимента при помощи методики УЗИ получены контуры спинки языка для гласных фонем, которые позволяют верифицировать данные о соотношении длительности и качества.

Наши результаты совпадают с данными предшествующих исследований в следующих положениях:

- в подсистеме верхнего подъема представлены краткие гласные;
- в подсистеме среднего подъема представлены долгие гласные;
- в подсистеме нижнего подъема противопоставляются долгая и краткая фонемы.

При этом, по данным Г. Г. Куркиной, долгая а-образная фонема произносится более открыто, нежели краткая, при этом обе фонемы имеют основную реализацию в центральнозаднем ряду. Однако на материале обоих дикторов в нашем исследовании показано, что, напротив, долгий гласный является несколько более закрытым, но при этом отодвинутым назад.

Наши данные согласуются с предыдущими исследованиями в том, что гласный непервого слога произносится более кратко, чем первого. При этом в непервом слоге по длительности противопоставляются гласный полного образования и редуцированный гласный. По данным Г. Г. Куркиной, в непервом слоге сохраняется различие кратких и долгих гласных, к этому же выводу мы приходили ранее (см. [Тимкин и др., 2025]), однако новые данные не дают этому надежного подтверждения, что может быть связано с особенностями выборки.

Тембральные характеристики гласных непервого слога имеют следующие характеристики:

- гласный /i/, по Г. Г. Куркиной, в непервом слоге более открытый и отодвинутый, чем в первом. Данное положение подтверждается нашими данными УЗИ;
- гласный /e:/, по Г. Г. Куркиной, в непервом слоге близок по степени подъема к реализациям в первом слоге, однако в некоторых позициях может быть более отодвинут. Это согласуется с данными УЗИ: у обоих дикторов гласный в непервом слоге отодвинут, но у второго диктора может носить характер даже несколько более верхний, чем в первом слоге;
- гласный /ɑ:/ в некоторых условиях может быть близок к реализациям в первом слоге, но также имеет более закрытый характер. По данным УЗИ, это положение подтверждается лишь на материале второго диктора, причем у обоих дикторов наблюдается смещение артикуляции /ɑ:/ в непервом слоге вперед.

Редуцированная фонема имеет значительную вариативность по тембру и в описании Г. Г. Куркиной представлена большим числом позиционных аллофонов.

По нашему мнению, характер гласных, подвергшихся редукции, получает объяснение в свете динамических фонологических моделей. Рассмотрение редуцированного гласного в динамике показывает, что он практически не имеет фазы устойчивой артикуляции, а характеризуется движением артикуляторных органов между настройками, обусловленными согласными. Произнесение гласных в позиции редукции может послужить примером гипоартикуляции, по Б. Линдблomu, когда моторная программа упрощается, и гласный под воздействием коартикуляционных переходов частично теряет свое основное качество или имеет нейтральный характер как редуцированный гласный.

Перспективой исследования может быть изучение процессов коартикуляции на материале тюркских языков, в которых процессы редукции значительно менее выражены.

Список литературы

Амелина М. К., Макеева Н. В. Ультразвуковое исследование артикуляции велярных согласных в ямальском диалекте тундрового ненецкого языка // *Языки и фольклор коренных народов Сибири*. 2025. № 4 (Вып. 56). С. 39–72. DOI 10.25205/2312-6337-2025-4-39-72.

Куркина Г. Г. Вокализм хантыйского языка (Экспериментальное исследование). Новосибирск: Сибирский хронограф, 2000. 292 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. DOI 10.17223/19986645/88/5

Тимкин Т. В., Лу П. И., Ляпина П. А., Шамрин А. С. Факторы вариативности гласных по длительности в казымском диалекте хантыйского языка на основе новых акустических данных // Языки и фольклор коренных народов Сибири. 2025. № 4 (Вып. 56). С. 117–128. DOI 10.25205/2312-6337-2025-4-117-128

Токмашев Д. М., Лемская В. М., Хакимова А. А., Субботина Н. В. Артикуляционные параметры дорсального смычного /k/ в тюркских языках Южной Сибири по данным ультразвукового исследования (на материале телеутского языка и диалектов татар Сибири) // Урало-алтайские исследования. 2023. № 4 (51). С. 106–119.

Balch-Tomes J., Wrench A. A., Scobbie J., Macmartin J., Turk A. Improving ultrasound pose estimation accuracy by training on co-registered EMA data // Wilson I., Mizoguchi A., Perkins J., Villegas J., Yamane N. (eds.). *Ultrafest XI: Extended Abstracts*. University of Aizu. P. 91–95. DOI 10.5281/zenodo.12578650

Cleland J. Ultrasound metrics in studies of disordered speech. URL: <https://www.articulateinstruments.com/Metrics%20used%20in%20studies%20of%20disordered%20speech.pdf> (дата обращения 21.04.2026).

Esling J. There Are No Back Vowels: The Laryngeal Articulator Model // *Canadian Journal of Linguistics // Revue canadienne de linguistique*. 2005. No. 50 (1/2/3/4). P. 13–44.

Lindblom B. Explaining phonetic variation: a sketch of the H&H theory // Hardcastle W. J., Marchal A. *Speech Production and Speech Modelling*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1990. P. 403–439.

Wrench A., Balch-Tomes J. Beyond the Edge: Markerless Pose Estimation of Speech Articulators from Ultrasound and Camera Images Using DeepLabCut // *Sensors*. 2022. No. 22 (3). P. 1133. DOI 10.3390/s22031133

Zhang J., Li Y., Kou Y. Analysis on Application Field of Ultrasonic Imaging Technique in Linguistic Study // *Proceedings of 2019 the 9th International Workshop on Computer Science and Engineering*. Hong Kong, 15–17 June, 2019. P. 529–534.

References

Amelina M. K., Makeeva N. V. Ul'trazvukovoe issledovanie artikulyatsii velyarnykh soglasnykh v yamal'skom dialekte tundrovogo nenetskogo yazyka [Ultrasound analysis of the velar consonants articulation in the Yamal dialect of Tundra Nenets]. *Yazyki i Fol'klor Korennykh Narodov Sibiri* [Languages and Folklore of Indigenous Peoples of Siberia]. 2025, no. 4 (iss. 56), pp. 39–72. DOI 10.25205/2312-6337-2025-4-39-72

Balch-Tomes J., Wrench A. A., Scobbie J., Macmartin J., Turk A. Improving ultrasound pose estimation accuracy by training on co-registered EMA data. *Ultrafest XI: Extended Abstracts*. Wilson I., Mizoguchi A., Perkins J., Villegas J., Yamane N. (Eds.). University of Aizu. 2024, pp. 91–95. DOI 10.5281/zenodo.12578650

Cleland J. *Ultrasound metrics in studies of disordered speech*. URL: <https://www.articulateinstruments.com/Metrics%20used%20in%20studies%20of%20disordered%20speech.pdf> (accessed 21.04.2026)

Esling J. There are no back vowels: the laryngeal articulator model. *Canadian Journal of Linguistics. Revue canadienne de linguistique*. 2005, no. 50 (1/2/3/4), pp. 13–44.

Kurkina G. G. *Vokalizm khantyyskogo yazyka (Eksperimental'noe issledovanie)* [Khanty vowel system (An experimental research)]. Novosibirsk, Sibirskiy khronograf, 2000, 292 p.

Lindblom B. Explaining phonetic variation: a sketch of the H&H theory. In Hardcastle W. J., Marchal A. *Speech Production and Speech Modelling*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 1990, pp. 403–439.

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 ultrasound research)]. *Tomsk State University Journal of Philology*. 2024, no. 88, pp. 92–110. DOI 10.17223/19986645/88/5

Timkin T. V., Li P. I., Lyapina P. A., Shamrin A. S. Faktory variativnosti glasnykh po dlitel'nosti v kazymskom dialekte khantyyskogo yazyka na osnove novykh akusticheskikh dannykh [Factors of the vowel duration variability in Kazym Khanty: new acoustic evidence]. *Yazyki i Fol'klor Korennykh Narodov Sibiri* [Languages and Folklore of Indigenous Peoples of Siberia]. 2025, no. 4 (iss. 56), pp. 117–128. DOI 10.25205/2312-6337-2025-4-117-128

Tokmashev D. M., Lemskaya V. M., Khakimova A. A., Subbotina N. V. Artikulyatsionnye parametry dorsal'nogo smychnogo /k/ v tyurkskikh yazykakh Yuzhnoy Sibiri po dannym ul'trazvukovogo issledovaniya (na materiale teleutskogo yazyka i dialektov tatar Sibiri) [Articulatory parameters of dorsal stop /k/ in the Turkic languages of Southern Siberia according to ultrasound data (based on the Teleut and Siberian Tatar dialectal material)]. *Ural-Altai Studies*. 2023, no. 4 (51), pp. 106–119.

Wrench A., Balch-Tomes J. Beyond the edge: markerless pose estimation of speech articulators from ultrasound and camera images using DeepLabCut. *Sensors*. 2022, no. 22 (3), p. 1133. DOI 10.3390/s22031133

Zhang J., Li Y., Kou Y. Analysis on application field of ultrasonic imaging technique in linguistic study. *Proceedings of 2019 the 9th International Workshop on Computer Science and Engineering*. Hong Kong, 15–17 June, 2019, pp. 529–534.

Информация об авторах

Тимофей Владимирович Тимкин, кандидат филологических наук, научный сотрудник сектора языков народов Сибири Института филологии СО РАН (Новосибирск, Россия)

Scopus Author ID 57226371460

WoS Researcher ID AAC-9389-2022

Полина Алексеевна Ляпина, младший научный сотрудник сектора языков народов Сибири Института филологии СО РАН (Новосибирск, Россия)

Scopus Author ID 58150572000

Полина Игоревна Ли, младший научный сотрудник сектора языков народов Сибири Института филологии СО РАН (Новосибирск, Россия)

Scopus Author ID 57212133668

Information about the authors

Timofey V. Timkin, Candidate of Philology, Researcher, Department of Languages of Peoples of Siberia, Institute of Philology of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russian Federation)
Scopus Author ID 57226371460
WoS Researcher ID AAC-9389-2022

Polina A. Lyapina, Junior Researcher, Department of Languages of Peoples of Siberia, Institute of Philology of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russian Federation)
Scopus Author ID 58150572000

Polina I. Li, Junior Researcher, Department of Languages of Peoples of Siberia, Institute of Philology of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russian Federation)
Scopus Author ID 57212133668

*Статья поступила в редакцию 06.04.2026;
одобрена после рецензирования 08.04.2026; принята к публикации 08.04.2026
The article was submitted on 06.04.2026;
approved after reviewing on 08.04.2026; accepted for publication on 08.04.2026*