

БЕСПЛАТНО

ТБИССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. СТАЛИНА

Лаборатория экспериментальной фонетики и психологии речи  
1-го Московского государственного педагогического института  
иностранных языков

499.962.1

Ц-565

На правах рукописи

№ -359

Т. Г. Цибадзе

Спектральные изменения гласных  
грузинского языка в соседстве  
с последующими согласными  
(экспериментальное исследование)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата филологических наук

Тбилиси

1959



ТВИЛИСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. СТАЛИНА

Лаборатория экспериментальной фонетики и психологии речи  
ио Московского государственного педагогического института  
иностранных языков

На правах рукописи

Т. Г. Цибадзе

Спектральные изменения гласных  
грузинского языка в соседстве  
с последующими согласными  
(экспериментальное исследование)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата филологических наук



Тбилиси

1959

Handwritten notes in Georgian script, including 'სტალინის სახელით', 'ფონეტიკის ლაბორატორია', and '1959-10-10'.

Handwritten numbers: '459.862.1' and '45-565'.

Handwritten number: '359 -'



В настоящее время всестороннее изучение речи является одной из актуальных и важных проблем, которой интенсивно занимаются представители самых различных наук—лингвистики, акустики, техники связи, машинного перевода, радиотехники и многих других. Поэтому к современной экспериментальной фонетике предъявляются серьезные требования, в частности, путем точных измерений определить акустические характеристики звуков речи. Соотнеся полученные таким путем физические свойства звуков речи с их языковыми значениями, можно будет с большей обоснованностью говорить о явлении фонемы.

Фонема, будучи общественно отработанным явлением языка, с точки зрения экспериментальной фонетики характеризуется определенным инвариантным соотношением физических свойств<sup>1</sup>. При этом эта инвариантность характеризует не только гласные звуки одной языковой системы, но, как показало проведенное в ЛЭФИПР исследование<sup>2</sup>, она присуща гласным многих языков различных систем.

Экспериментальное исследование было проведено на материале девяти языков. Результат эксперимента показал, что спектральные структуры гласных типа [a], [o], [u] имеют, в основном, одну довольно широкую полосу усиления частот, которая, в зависимости от степени огубления и подъема спинки языка, сдвигается в область более низких частот. Спектральные структуры гласных типа [e], [i] имеют две явно выраженные полосы усиленных частот, что полностью согласуется с артикуляционным укладом органов речи для данных типов гласных.

В работе Р. Якобсона<sup>3</sup> подобные закономерности изменений спектральных структур звуков речи определяются отличиями

<sup>1</sup> В. А. Артемов, Применение статистических методов в экспериментально-фонетическом и психологическом изучении речи, сб. „Вопросы статистики речи“, изд. ЛГУ, 1958.

<sup>2</sup> В. А. Артемов и И. А. Зимняя, Тезисы доклада на конференции по машинному переводу, изд. 1 МГПИИЯ, 1958.

<sup>3</sup> R. Jakobson, Preliminaries to speech analysis, May, 1952, Technical report № 13, Akoustics Laboratory, I.



тельными признаками, характерными для каждого звука языковой системы. Физические свойства звуков речи могут быть разделены на первичные и вторичные. Под первичными свойствами подразумевается спектральная структура, под вторичными — частота основного тона, интенсивность и длительность. Инвариантность звуков речи, т. е. то, что называется в лингвистике фонематичностью, определяется в плане первичных свойств — строгой формантной структурой, а в плане вторичных свойств — определенной характеристикой частоты основного тона; длительности и интенсивности.

Гласные фонемы отличаются друг от друга также и степенью громкости<sup>1</sup>. Гласный [a] всегда более громкий, чем [o] или [u], а гласный [i] является наименее громким в ряду гласных звуков любой языковой системы. Таким образом, звуковой материал гласных может быть закономерно расположен в определенный ряд по ниспадающей громкости: [a], [o], [e], [u], [i].

Очевидно, что одна гласная фонема отличается от другой своими акустическими характеристиками, причем это отличие всегда постоянно.

Изучение количества и структуры формантных областей, определяющих акустические характеристики гласных фонем различных языков, является в настоящее время одной из существенных задач экспериментальной фонетики.

В потоке устной речи гласные фонемы произносятся в различных сочетаниях. В зависимости от окружающей звуковой среды каждая гласная фонема отличается большой вариативностью, одновременно сохраняя инвариантность отношения физических характеристик.

За последнее время, в связи с прогрессом электроакустической и радиотехнической аппаратуры, у фонетиков вызывает исключительный интерес изучение изменений первичных и вторичных физических свойств гласных фонем в различных звуковых сочетаниях.

В работе Хауса и Фербанкаса<sup>2</sup> разбирается вопрос о влиянии согласного окружения на вторичные физические характе-

<sup>1</sup> См. Н. И. Жукин, Вопросы ударения в словах русского языка, Известия АПН РСФСР, вып. 5, 1954.

<sup>2</sup> Hause Arthur, Farbanks Grant, The influence of consonant environment upon the secondary acoustical characteristics of vowels, Jasa, 1953, 25, №1, стр. 105 — 113.

ристики гласных звуков английского языка. Различное окружение согласных значительно влияет на все три акустические характеристики вторичных свойств гласных звуков.

Проф. Г. С. Ахвледзиани<sup>1</sup> отмечает, что гласные фонемы грузинского языка мало поддаются влиянию окружающих согласных звуков. Проведенный нами эксперимент подтвердил, в основном, это положение.

В нашем экспериментальном исследовании мы ставили своей задачей, во-первых, исследовать спектральную структуру гласных фонем грузинского языка, во-вторых, изучить закономерности влияния последующего согласного на вторичные акустические характеристики предшествующего гласного, в-третьих, определить закономерности влияния последующего согласного на первичные акустические характеристики гласных фонем, в-четвертых, провести сопоставление акустических свойств гласных и согласных звуков с их артикуляционным укладом.

Таким образом, исследование проводилось, в основном, в двух направлениях: 1) в плане установления как первичных (спектральная структура), так и вторичных (частота основного тона, интенсивность, длительность) физических свойств гласных фонем грузинского языка и 2) в плане выявления закономерностей влияния последующего согласного компонента как на первичные, так и на вторичные акустические свойства предыдущего гласного звука.

Акустические характеристики гласных фонем, полученные в результате спектрального анализа, сопоставлялись с их артикуляционными особенностями на основе данных рентгенограмм, представленных в исследованиях по грузинской экспериментальной фонетике С. М. Жгенти<sup>2</sup>, Л. К. Гамсахурдия<sup>3</sup> и Г. Г. Долидзе<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> Г. С. Ахвледзиани, Основы общей фонетики, Тбилиси, 1949 стр. 282, (на грузинском языке).

<sup>2</sup> С. М. Жгенти, Фонетика грузинского языка, Тбилиси, 1956.

<sup>3</sup> Л. К. Гамсахурдия, Сравнительный анализ фонем грузинского и английского языков, Москва-Тбилиси, 1953. (к. д., отпечатанная на машинке).

<sup>4</sup> Г. Г. Долидзе, Согласные грузинского языка, Москва-Тбилиси, 1954, (к. д., отпечатанная на машинке).



Экспериментальная часть нашего исследования выполнена методами электро-кимографического изучения и спектрального анализа звуков речи в Лаборатории экспериментальной фонетики и психологии речи 1-го Московского государственного педагогического института иностранных языков МВО СССР под руководством проф. В. А. Артемова.

Диссертация состоит из введения, трех глав и заключительной части. К работе приложены список использованной литературы и общая схема, условно изображающая спектральный состав гласных фонем грузинского языка.

\* \* \*

В первой главе работы мы кратко останавливаемся на физической природе звука.

Звуки речи представляют собой явление физическое, точнее акустическое<sup>1</sup>. Акустические особенности гласных фонем определяются их спектрами. Спектральной структурой гласных обычно называется распределение пропускаемой энергии по постоянным полосам частот. Как показал В. А. Артемов, спектр каждого гласного звука представляет собой своеобразную структуру формантных областей<sup>2</sup>. Это положение используется нами при анализе спектров гласных грузинского языка.

Один и тот же сложный тон, преобразованный системой речевых резонаторов в различные формантные области, создает своеобразные акустические спектры, соответствующие различным гласным фонемам. Следовательно, акустические характеристики отдельных гласных фонем любой языковой системы определяются формантными областями, являющимися результатом своеобразного уклада органов речи при их артикуляции.

В литературе, посвященной исследованию спектральных структур звуков речи, существуют различные взгляды на формантный состав гласных.

<sup>1</sup> См. Звук, БСЭ, изд. второе.

<sup>2</sup> См. В. А. Артемов, Применение статистических методов в экспериментально-фонетическом и психологическом изучении речи, сб. Вопросы статистики речи, изд. ЛГУ, 1958. Его же, Экспериментально-фонетическое изучение звукового состава и интонации языка, Фонетический сборник, I, изд. ТГУ, 1959, стр. 9—12.

На основе спектрального анализа гласных английского, французского и русского языков Пейджет<sup>1</sup>, исходя из концепции Гельмгольца, выдвинул положение о том, что характерным для спектров гласных данных языков является наличие двух формант.

Аналогичны результаты спектральных исследований, имеющих в экспериментальных трудах Миллера<sup>2</sup>, Германа<sup>3</sup>, Бремера<sup>4</sup> и др.

И. М. Литвак и А. А. Варшавский<sup>5</sup>, пользуясь более точной методикой спектрального анализа и искусственного синтеза звуков речи, установили возможность узнавания гласных [a], [i], [o], [u] при наличии в составе сложного звука только одной форманты, а гласных [e], [ы] — при наличии двух формант.

Некоторые исследователи (Штейнберг<sup>6</sup>, Тингауз<sup>7</sup>, Мясников)<sup>8</sup> считают возможным наличие в спектре гласных трех и даже четырех формант.

Наличие в спектре гласных нескольких более выраженных формантных областей подтверждается рядом экспериментальных исследований, проведенных в Советском Союзе и за рубежом.

Вместе с тем следует отметить, что вопрос о количестве и структуре формантных областей, определяющих акустические характеристики гласных фонем различных языковых систем, на современном этапе фонетических исследований нельзя еще считать решенным.

Устанавливая спектральные характеристики гласных фонем, необходимо выяснить также и соотношение между акусти-

<sup>1</sup> R. Paget, Human speech, London, 1930, стр. 86 — 96.

<sup>2</sup> См. D. Miller, The Science of musical Sounds, Neu-York, 1922.

<sup>3</sup> См. L. Hermann, Phonographische Untersuchungen, Pflug. Archiv, Bd. 45, 47, 53, 58, 1889 — 1894.

<sup>4</sup> См. O. Bremer, Deutsche Phonetik, Leipzig, Breitkopf-Härtel, 1893.

<sup>5</sup> См. Научное совещание по вопросам физиологической акустики, Тезисы докладов АН СССР, Комиссия по акустике, Институт физиологии им. И. П. Павлова, 1954, стр. 20.

<sup>6</sup> См. G. Stanberg, Journal Acoustik Societe, № 6, 1946.

<sup>7</sup> E. Thienhaus, Neuere Versuche zur Klangfarbe und Zeitstärke von Vokalen, Z. s. für allg. Physik, 1934, № 6, стр. 638.

<sup>8</sup> См. Л. Л. Мясников, Звуки речи и их объект распознавания, Вестник ЛГУ, № 3, 1945.



ческими особенностями звуков речи и меняющимися по форме полостями резонаторов надставной трубы.

Одни исследователи (Гельмгольц, Герман, Бремер) придают существенное значение конфигурации ротовой полости; другие (Живкин<sup>1</sup>, Пейджет, Миллер) полагают, что при артикуляции разных гласных меняется не только объем ротового, но и точного резонаторов. Функции этих резонаторов совершенно различны, поэтому различны и форманты гласных. По мнению некоторых исследователей (Артемов<sup>2</sup>, Якобсон<sup>3</sup>, Фант<sup>4</sup>), число формантных областей гласных определяется количеством резонирующих полостей надставной трубы артикулирующего аппарата.

Мы присоединяемся к мнению последних авторов и считаем, что в зависимости от количества резонирующих полостей надставной трубы в спектре каждого гласного имеется несколько формантных областей, определяющие (для данного гласного) из которых выдвигаются резонаторами ротовой полости.

Спектральная структура отдельных гласных фонем любого, в том числе и грузинского языка физиологически обуславливается своеобразием их артикуляции.

В потоке устной речи звуки определенным образом влияют друг на друга. Взаимное влияние звуков, находящихся в непосредственном соседстве, объясняется артикуляционно слиянием отступа предшествующего и приступа последующего звука<sup>5</sup>. Физиологической основой этого слияния является своеобразное изменение конфигурации надставной трубы в процессе связной речи. С изменением формы резонирующих полостей надставной трубы соответственно изменяется спектральная структура звуковых компонентов речи. Вследствие этого один и тот же гласный в различном звуковом окружении имеет несколько своеобраз-

<sup>1</sup> Н. И. Живкин, Новые данные о работе двигательного речевого анализатора, Известия АН РСФСР, выпуск 8, 1956, стр. 199.

<sup>2</sup> См. В. А. Артемов, Экспериментально-фонетическое изучение звукового состава и интонации языка, Фонетический сборник, I, изд. ТГУ, 1959, стр. 12.

<sup>3</sup> См. Р. О. Якобсон, цит., стр. 96.

<sup>4</sup> См. G. Fant, Acoustic theory of speech production, 1957.

<sup>5</sup> См. Г. С. Ахведиани, цит., стр. 94.

разную спектральную характеристику по сравнению со спектральной структурой той же гласной фонемы, произнесенной изолированно.

При исследовании взаимодействия соседних звуков на материале „гласный + согласный“ нашей гипотезой являлось положение Г. С. Ахведиани<sup>1</sup> о том, что гласные фонемы грузинского языка в процессе устной речи мало поддаются влиянию окружающих согласных звуков.

\* \* \*

Вторая глава работы посвящена методике экспериментального исследования.

В этой главе рассматриваются примененные нами методы экспериментально-фонетических исследований, разработанные в ЛЭФИПР<sup>2</sup>, описывается экспериментальный материал и дается характеристика дикторов.

Основным экспериментальным материалом является звуко-сочетание типа „гласный + согласный“ грузинского языка. Согласно специфике темы, гласные звуки нами прослеживались в динамике. Каждый гласный подвергался кимографическому и спектральному анализу. Примерно намечались и выделялись три участка произнесения звука: приступ, выдержка и отступ.

С целью изучения спектрального состава основных вариантов отдельных гласных фонем грузинского языка и для сравнения их спектральных структур между собой нами исследовалась более устойчивая часть — выдержка, т. е. ядро гласных, произнесенных под ударением перед губно-губным, гортанно-смычным звуком [p], который сам по себе оказывает наименьшее влияние на фонетическую среду. Спектральному анализу таким образом первоначально были подвергнуты следующие звуко-сочетания грузинского языка: [a] pa, [e] pa, [i] pa, [o] pa, [u] pa.

Затем исследовалось влияние последующего согласного на физические характеристики гласных. В данном случае спектральному анализу подвергался отступ гласного, при этом учиты-

<sup>1</sup> См. Г. С. Ахведиани, цит., стр. 282.

<sup>2</sup> См. В. А. Артемов, Экспериментальная фонетика, изд. лит-ры за ин. яз., М., 1956, стр. 111 — 131.



валось, что переходный процесс от гласного к согласному осуществляется именно в этот момент.

Для более или менее исчерпывающего изучения спектральных изменений гласных в звукосочетании „гласный + согласный“ нами были исследованы сочетания гласных фонем со всеми согласными в грузинском языке. В произношении двух дикторов всего было проанализировано 300 примеров, из которых наиболее типичные приведены в работе.

Дикторами были лица (женщина и мужчина), говорящие на правильном литературном грузинском языке: диктор Ц. (высота основного тона = 200 гц) и диктор О. (высота основного тона = 160 гц).

При спектральном анализе учитывались рентгенографические данные<sup>1</sup> отдельных компонентов исследуемого звукосочетания „гласный + согласный“.

На основании математической обработки спектрограмм и электро-кимограмм получен фактический материал, графическое изображение которого приведено нами в экспериментальной части нашего исследования.

\* \* \*

В третьей — экспериментальной главе работы рассматриваются, во-первых, результаты исследования акустических свойств отдельных гласных грузинского языка по данным кимограмм и спектрограмм и, во-вторых, результаты влияния последующих согласных на акустические характеристики предшествующих гласных также по данным кимограмм и спектрограмм.

За исходное положение гласных фонем берется позиция перед гортанно-смычным, губно-губным согласным [p]<sup>2</sup>.

1. По данным кимограмм и спектрограмм общая длительность гласного [a] в звукосочетании [a]p равняется 175 мс,

<sup>1</sup> Данные рентгенограмм, как уже указывалось, взяты из трудов по грузинской экспериментальной фонетике С. М. Жгенти, Л. К. Гамсахурдия, Г. Г. Долидзе.

<sup>2</sup> Опыты показали, что согласный [p] оказывает минимальное влияние на предшествующий гласный. Поэтому определение границ произнесения гласных перед [p] не является затруднительным.

250 мс (дикт. 1,2); установившаяся часть, т. е. выдержка<sup>1</sup> звука составляет 120 мс, 175 мс (дикт. 1,2). На всем протяжении выдержки гласного частота основного тона 200 гц, 160 гц (дикт. 1,2) остается постоянной. Линия интенсивности, достигая максимального подъема в 17 мм, 13 мм (дикт. 1,2), удерживается на нем.

Спектральная структура гласной фонемы [a] характеризуется соотношением следующих постоянно усиленных частот<sup>2</sup>:

806 гц, 1483 гц, 2132 гц, 3252 гц (дикт. 1)

415 гц 806 гц, 1295 гц, 2132 гц, 2652 гц (дикт. 2)

Формантная структура звука [a] охватывает широкую полосу спектра при относительно равномерном распределении частотных составляющих в указанных пределах. Доминирующая по интенсивности (13 — 16 мм) область усиления частот приходится примерно на полосу 806 — 1483 гц; частота 2132 гц несколько ослаблена (7 — 9 мм), частоты в области 2652 — 3252 гц выражены очень слабо (3 — 4 мм).

Анализ данных кимограмм и спектрограмм позволяет сделать вывод, что спектральной характеристикой грузинской гласной фонемы [a] является формантная структура, состоящая из одной ярко выраженной и довольно широкой формантной области в пределах 806 — 3252 гц, доминирующее по интенсивности ядро которой находится в области 806 — 1483 гц.

Данные рентгенограмм показывают, что при артикуляции гласного [a] ротовая полость является максимально увеличенным, как бы единым резонатором, резонансная частота которого находится в указанных пределах.

Сотнеся полученные акустические характеристики с данными рентгенограмм гласного [a], мы можем заключить, что для узнавания данной гласной фонемы достаточно наличия в спектре гласного одной широкой формантной области в пределах 806 — 3252 гц, состоящей из ряда частотных усилений, указанных выше.

<sup>1</sup> По изменениям рисунка осциллографической кривой частоты основного тона и линии интенсивности возможно примерно наметить границы длительности приступа, выдержки и отступа гласного.

<sup>2</sup> Спектральная структура гласного характеризуется по спектру самого типичного кадра выдержки звука.



2. По данным кимограмм и спектрограмм общая длительность гласного [o] в звукосочетании [o]ра равняется 263 мс, 213 мс (дикт. 1,2); выдержка звука составляет 180 мс, 130 мс (дикт. 1,2).

Звук [o] устанавливается быстро. На протяжении выдержки гласного частота основного тона (200 гц, 160 гц) удерживается на одной и той же высоте. Линия интенсивности достигает максимальной (16 мм) высоты.

Спектральная структура гласной фонемы [o] характеризуется соотношением следующих постоянно усиленных частот;

193 гц, **415 гц**, **666 гц**, **956 гц**, 1902 гц, 3252 гц (дикт. 1)

**300 гц**, **536 гц**, **806 гц**, 1119 гц, 2652 гц, (дикт. 2)

Распределение частотных составляющих по спектральной шкале неравномерно; наблюдается их значительное скопление в области 193 — 956 гц.

Наибольшее усиление (13—16 мм) частотных составляющих приходится примерно на полосу 300 — 956 гц. Частоты в области 1119 — 1902 гц несколько ослаблены (5 — 7 мм), в области 2652 — 3252 гц выражены очень слабо (2 мм).

Анализ данных кимограмм и спектрограмм позволяет сделать вывод, что в спектральной структуре гласного [o] по интенсивности выделяются, в основном, две определенные полосы частотных усилений, одна из которых 300 — 956 гц, доминирующая по интенсивности, постоянно прослеживается на всем протяжении звука; вторая — в пределах 1119-3252 гц — менее интенсивна.

Анализ данных рентгенограмм показывает, что при артикуляции гласного [o] тело языка отодвинуто назад, губы чуть округлены, тем самым удлиняя форму ротового резонатора при одновременном подъеме задней части спинки языка к мягкому небу. Подобный артикуляторный уклад органов речи создает в передней части ротовой полости резонирующее пространство большего объема, чем в задней части.

Подобная конфигурация полости рта, вместе с указанными выше данными кимограмм и спектрограмм, дает возможность заключить, что спектральными характеристиками для грузинской гласной фонемы [o] можно считать, в основном, две формантные области, одна из которых 300—956 гц доминирует по интенсивнос-

ти, являясь определяющей для данного гласного; вторая в пределах 1119 — 3252 гц выражена слабее, являясь как бы дополнительной акустической характеристикой для гласного [o].

3. По данным кимограмм и спектрограмм общая длительность гласного [u] в звукосочетании [u]ра равняется 275 мс, (дикт. 1,2); выдержка звука составляет 155 мс, 135 мс (дикт. 1,2).

Звук [u] устанавливается быстро. При выдержке гласного частота основного тона (200 гц, 160 гц) остается постоянной. Линия интенсивности достигает максимального подъема (13 мм).

Спектральная структура гласной фонемы [u] характеризуется соотношением следующих постоянно усиленных частот:

**300 гц**, **536 гц**, **666 гц**, 2132 гц (дикт. 1)

**300 гц**, **536 гц**, **666 гц**, 1295 гц (дикт. 2).

Распределение частотных составляющих по спектральной шкале неравномерно; наблюдается их значительное скопление в пределах 300—666 гц. Наибольшее усиление частот (13—17 мм) приходится примерно на область 300—536 гц. Частоты в пределах 1295 — 2132 гц выражены очень слабо (2 мм).

Анализ данных кимограмм и спектрограмм позволяет сделать вывод, что в спектре гласного [u], в основном, выделяются две определенные полосы частотных усилений, одна из которых 300 — 666 гц, доминируя по интенсивности, является характерной для данного гласного; вторая в пределах 1295-2132 гц — менее постоянна. Она выражена слабее (3 мм), являясь как бы дополнительной акустической характеристикой для данного гласного.

Из данных рентгенограмм видно, что при артикуляции гласного [u] тело языка значительно отодвинуто назад, губы округлены и более активны, чем при артикуляции [o]. Задняя часть спинки языка максимально приподнята к мягкому небу, удлиняя форму ротового резонатора. Подобный артикуляторный уклад органов речи создает в передней части полости рта более объемное резонирующее пространство, чем в задней части.

Такая конфигурация полости рта, вместе с указанными выше данными кимограмм и спектрограмм, позволяет сделать вывод, что спектральными характеристиками грузинской гласной фонемы [u] можно считать, в основном, две формантные облас-



ти, одна из которых в пределах 300 — 666 гц, доминируя по интенсивности, является определяющей для данного гласного; вторая в пределах 1295-2132 гц — менее интенсивна и является как бы дополнительной акустической характеристикой для данного гласного.

4. По данным кимограмм и спектрограмм общая длительность гласного [e] в звукосочетании [e]ра равняется 250 мс, 263 мс (дикт. 1,2); выдержка звука составляет 140 мс, 135 мс (дикт. 1,2).

Звук [e] устанавливается вполне нормально. При выдержке гласного частота основного тона постоянна (200 гц, 160 гц). Линия интенсивности достигает максимальной высоты (16 мм).

Спектральная структура гласного [e] характеризуется соотношением следующих постоянно усиленных частот:

300 гц, **536** гц, **956** гц, 2382 гц, 3252 гц, 3937 гц (дикт. 1)  
300 гц, **666** гц, **806** гц, 1119 гц, 2652 гц, 3252 гц, 3937 гц (дикт. 2).

Распределение частот по спектральной шкале неравномерно; наблюдается их скопление в пределах 300—956 гц и 2382—3937 гц. Наибольшее усилие частот приходится примерно на областях 536 — 956 гц, 3252 — 3937 гц.

Анализ данных кимограмм и спектрограмм позволяет сделать вывод, что в спектральной структуре гласного [e], в основном, выделяются две определенные полосы частотных усилений, одна из которых, доминирующая по интенсивности, находится в пределах 300-956 гц, вторая — в пределах 2382-3937 гц. Обе указанные полосы устойчивы и являются характерными для спектра гласного [e]. Анализ данных рентгенограмм показывает, что при артикуляции гласного [e] тело языка значительно выдвинуто вперед; передняя и средняя части спинки языка приподняты к твердому небу, образуя в полости рта как бы два резонатора.

Передняя часть резонатора полости рта характеризуется меньшим объемом, чем задняя его часть.

5. По данным кимограмм и спектрограмм общая длительность гласного [i] в звукосочетании [i]ра равняется 233 мс, 238 мс (дикт. 1,2); выдержка звука составляет 125 мс, 175 мс (дикт. 1,2).

На всем протяжении выдержки гласного частота (200 гц, 160 гц) основного тона является постоянной. Линия интенсивности при выдержке гласного достигает максимального подъема, удерживаясь на нем. Спектральная структура гласного [i] характеризуется соотношением следующих постоянно усиленных частот:

193 гц, **415** гц, **666** гц, 3252 гц, 3937 гц, 5187 гц, (дикт. 1)  
**300** гц, **536** гц, 1119 гц, 2942 гц, 3937 гц, **4737** гц, (дикт. 2).

Распределение частот по спектральной шкале неравномерно. Наблюдается их значительное скопление в пределах 193-666 гц и 3252 — 5187 гц. Наибольшее усиление (13 — 16 мм) частот приходится примерно на полосу 300 — 666 гц. Частоты в области 3252 — 5187 гц несколько ослаблены.

В результате анализа данных кимограмм и спектрограмм можно сделать вывод, что спектральная структура гласного [i] характеризуется, в основном, двумя полосами усиленных частот, одна из которых, доминирующая по интенсивности, находится в пределах 300 — 666 гц, вторая — в пределах 3252-5187 гц. Обе полосы усиленных частот устойчивы и характерны для спектра гласного [i].

Анализ данных рентгенограмм показывает, что при артикуляции гласного [i] язык и подъязычная кость выдвинуты вперед. Средняя часть спинки языка максимально приподнята к передней части твердого неба, образуя в полости рта как бы два резонатора. Передняя часть резонатора полости рта характеризуется меньшим объемом, чем задняя часть.

Такая конфигурация полости рта, вместе с данными кимограмм и спектрограмм, говорит о том, что акустическими характеристиками грузинской гласной фонемы [i] являются две формантные области в пределах 300 — 666 гц и 3252 — 5187 гц, являющиеся определяющими для спектра данной фонемы. Они охватывают широкую полосу спектра, начиная от самых низких для грузинских гласных частот 300 гц и кончая самыми высокими 5187 гц.

Итак, гласные фонемы грузинского языка характеризуются определенными физическими свойствами, которые находятся в строгих отношениях между собой. Каждый гласный отличается от другого своеобразной инвариантной спектральной структу-



рой, частотные составляющие которых остаются постоянными на всем протяжении выдержки гласного звука.

Акустической характеристикой грузинской гласной фонемы [а] является одна постоянная, определяющая формантная область (806 — 3252 гц), доминирующие по интенсивности частоты которой находятся в пределах 806 — 1483 гц; акустическими характеристиками гласных фонем типа [о], [у] являются две формантные области, одна из которых (300 — 956 гц для [о], 300 — 666 гц для [у]), доминируя по интенсивности, является постоянной и определяющей, вторая (1119 — 3252 гц для [о], 1295 — 2132 гц для [у]) выражена очень слабо.

Следовательно, в зависимости от степени огубления и подъема спинки языка к мягкому небу, определяющие формантные области гласных фонем типа [а], [о], [у] сдвигаются в область более низких частот:

гласный	формантные области
[а]	(806 - 3252 гц)
[о]	(300-956 гц) — (1119-3252 гц)
[у]	(300-666 гц) — (1295-2132 гц)

Акустическими характеристиками грузинских гласных фонем типа [е], [і] являются две постоянные определяющие формантные области, одна из которых находится в пределах низких (300 — 956 гц, 300 — 666 гц), а вторая — в пределах высоких (2382 — 3937 гц, 3252 — 5187 гц) частот колебаний, причем вторая формантная область, в зависимости от степени раскрытия губного отверстия и подъема спинки языка к твердому небу, сдвигается в область более высоких частот:

гласный	формантные области
[е]	(300-956 гц) — (2382-3937 гц)
[і]	(300-666 гц) — (3252-5187 гц)

Из спектральных структур видно, что гласные фонемы грузинского языка, в зависимости от возрастания собственного тона, группируются следующим образом: [у], [о], [а], [е], [і].

Во второй части экспериментальной главы на основе данных кимограмм, спектрограмм и рентгенограмм подробно разбирается вопрос о влиянии последующего согласного на первич-

ные и вторичные акустические характеристики гласных на основе звуко сочетания „гласный + согласный“.

С целью систематизации экспериментального материала мы воспользовались группировкой согласных по месту и способу образования. В автореферате приводится типичный случай влияния согласных из каждой группы на один из пяти гласных.

Из губно-губных согласных в работе рассматривается влияние сонорного носового звука [м] на [у].

Сравнивая кимографические и спектрографические данные гласного [у] по звуко сочетаниям [у]мі и [у]ра<sup>1</sup>, мы можем заключить следующее: длительность гласного [у] значительно (на 20-25 мс) больше перед [м], чем перед [р]. Если перед [р] общая длительность гласного [у] равняется 275 мс 225 мс (дикт. 1,2), а длительность отступа 50 мс, 40 мс (дикт. 1,2), то перед [м] общая длительность того же гласного составляет 300 мс, 250 мс (дикт. 1,2), а длительность отступа — 75 мс (дикт. 1,2).

Отступ гласного [у] перед [м] значительно интенсивнее, чем перед [р]. Если перед [р] линия интенсивности падает от 13 мм до нуля, то перед [м] она поднимается плавно, достигая 15 мм, 10 мм (дикт. 1,2).

Частота основного тона гласного [у] перед [м] повышается примерно на 20 гц. Если перед [р] постоянная частота основного тона равна 200 гц, 160 гц, (дикт. 1,2), то перед [м] она, повышаясь, достигает 220 гц, 180 гц (дикт. 1,2).

Собственный тон гласного [у] перед [м] несколько понижается, так как основные формантные составляющие спектра [у] перемещаются в более низкие частоты (от 536 гц — до 415 гц, и от 666 гц — до 536 гц).

Появление в пределах отступа гласного [у] частоты 193 гц свидетельствует о том, что при переходе от артикуляции гласного к артикуляции согласного [м] в надставную трубу включается носовой резонатор.

Исследования показали, что согласный [м] оказывает одинаковое влияние на акустические характеристики всех пяти гласных.

<sup>1</sup> Позиция перед [р] берется нами за исходное положение гласных (см. глава II).



Следует отметить, что изменения гласных перед сонорным назальным [n] аналогичны рассмотренным случаям.

В работе рассматривается также влияние губно-зубного звонкого щелевого согласного [v] на [i].

Сравнивая данные кимограмм и спектрограмм гласного [i] по звуко сочетаниям [i]va и [i]pa, мы можем заключить следующее: длительность гласного [i] несколько больше примерно на 10 — 15 мс перед [v], чем перед [p]. Если общая длительность гласного [i] перед [p] равняется 233 мс, 238 мс (дикт. 1,2), а длительность отступа — 28 мс, 13 мс (дикт. 1,2), то перед [v] общая длительность того же гласного составляет 250 мс (дикт. 1,2) а отступ звука — 50 мс (дикт. 1,2).

Отступ гласного [i] перед [v] несколько интенсивнее, чем перед [p]. Если перед [p] линия интенсивности падает от 9 мм до нуля (дикт. 1), то перед [v] она постепенно опускается до 7 — 6 мм.

Частота основного тона перед [v] повышается примерно на 20 — 40 гц. Если перед [p] постоянная частота основного тона равняется 200 гц (дикт. 1,2), то перед [v] она, повышаясь, достигает 220 гц, 180 гц (дикт. 1,2).

Собственный тон гласного [i] перед [v] несколько понижается, так как основные формантные составляющие спектра [i] перемещаются в более низкие частоты (от 193 гц — до 102 гц, от 3252 гц — до 2942 гц).

Аналогично влияет согласный [v] на вторичные акустические характеристики (высота основного тона, интенсивность и длительность) всех пяти гласных.

Что касается изменений первичных акустических свойств, т. е. спектральных структур гласных типа [o] и [u], то следует отметить, что перед согласным [v] в спектрах указанных гласных наблюдается перемещение основных формантных составляющих в более высокие частоты (от 415 гц — до 536 гц от 536 гц — до 666 гц, от 666 гц — до 806 гц, от 806 гц — до 956 гц и др.), что свидетельствует о некотором повышении собственного тона данных гласных.

Из переднеязычных согласных нами рассматривается влияние глухого щелевого звука [s] на [i].

Сравнивая данные кимограмм и спектрограмм гласного [i] в звуко сочетаниях [i]se и [i]pa, мы можем заключить следующее: длительность гласного [i] несколько больше (на 10 — 15 мс) перед [s], чем перед [p] и меньше примерно на 5 — 10 мс, чем перед [v]. Если перед [p] длительность [i] равняется 233 мс, 238 мс (дикт. 1,2), а отступ звука — 28 мс, 13 мс (дикт. 1,2), то длительность того же гласного перед [s] составляет 245 мс, 240 мс (дикт. 1,2) а длительность отступа — 40 мс, 35 мс (дикт. 1,2).

Интенсивность гласного [i] перед [s] больше, чем перед [p] и значительно меньше, чем перед [v]. Если перед [p] линия интенсивности резко падает до нуля, то перед [s] она постепенно опускается до 3 — 4 мм.

Частота основного тона перед [s] удерживается на одном и том же уровне 200 гц, 160 гц, как и перед [p].

Собственный тон гласного [i] перед [s] несколько повышается. Об этом свидетельствует перемещение на спектральной шкале формантных составляющих спектра гласного [i] в более высокие частоты от 193 гц — 102 гц, от 415 гц — до 536 гц, от 3252 гц — до 2942 гц.

Эксперимент показал, что согласный [s] оказывает аналогичное влияние на акустические характеристики всех пяти гласных.

Из альвеолярных согласных в работе рассматривается влияние гортанно-смычного [ç] на [i].

Сравнивая данные кимограмм и спектрограмм гласного [i] по звуко сочетаниям [i]çers и [i]pa, мы можем заключить следующее: длительность гласного [i] несколько меньше перед [ç], чем перед [p]. Если общая длительность гласного [i] перед [p] равняется 233 мс, 238 мс (дикт. 1,2), а длительность отступа — 28 мс, 13 мс (дикт. 1,2), то длительность того же гласного перед [ç] составляет 200 гц, 175 гц (дикт. 1,2), а длительность отступа — 25 мс, 20 мс (дикт. 1,2).

Данные по интенсивности гласного [i] в указанных звуко сочетаниях почти одинаковы. В обоих случаях при отступе гласного линия интенсивности падает до нуля.

Частота основного тона перед [ç] понижается примерно на 20 гц. Если перед [p] постоянная частота основного тона



равна 200 гц, 160 гц, то перед [ç] она постепенно достигает 180 гц, 140 гц (дикт. 1,2).

Собственный тон гласного [i] перед [ç] несколько понижается, так как основные формантные составляющие спектра [i] перемещаются в более низкие частоты (от 3252 — до 2942 гц и затем — до 2652 гц).

Аналогично влияет согласный [ç] на вторичные акустические характеристики всех пяти гласных.

Что касается изменений первичных акустических свойств гласных [o] и [u], следует отметить, что перед [ç] в спектрах указанных гласных основные формантные составляющие перемещаются в сторону более высоких частот (от 300 гц — до 355 гц, от 3252 гц — до 3937 гц).

Из заднеязычных согласных нами рассматривается влияние звонкого смычного [g] на [i].

Сравнивая данные кимограмм и спектрограмм гласного [i] по звуко сочетаниям [i]ga и [i]pa, мы можем высказать следующее: длительность гласного [i] несколько (на 5 мс) больше перед [g], чем перед [p]. Если общая длительность [i] перед [p] равняется 233 мс, 238 мс (дикт. 1,2), а длительность отступа — 28 мс, 13 мс (дикт. 1,2) то длительность того же гласного перед [g] составляет 240 мс, 235 мс (дикт. 1,2), а длительность отступа — 30 мс, 25 мс (дикт. 1,2).

Данные гласного [i] перед [g] и [p] по интенсивности почти одинаковы. В обоих случаях линия интенсивности падает до нуля с той разницей, что перед [p] характер спада более резкий.

Частота основного тона перед [g] удерживается на одном и том же уровне, так же как и перед [p].

Собственный тон гласного [i] понижается, так как основные формантные составляющие перемещаются в сторону более низких частот.

Согласный [g] оказывает аналогичное влияние на вторичные акустические характеристики всех пяти гласных.

Что касается изменений первичных акустических свойств гласных [o] и [u], следует отметить, что перед [g] собственный тон этих гласных повышается, т. к. основные формантные составляющие перемещаются в более высокие частоты.

По кимографическим записям звукового материала в произношении нескольких дикторов не наблюдается влияния фарингального [q] и ларингального [h] на акустические характеристики предшествующих гласных фонем.

Установить полученные результаты нам помогло положение проф. В. А. Артемова о постоянстве спектральных структур гласных звуков, служащих акустическими инвариантами этих фонем. При такой точке зрения автору удалось произвести сравнительный анализ спектров гласных грузинского языка в звуко сочетаниях типа „гласный + согласный“.

Следует отметить, что наши данные в известной мере сходятся с выводами, полученными Хаусом и Фербанксом в отношении английского языка<sup>1</sup>. Исследовав вторичные акустические характеристики английских гласных в различном окружении согласных, они пришли к нижеследующим выводам:

1. Согласные значительно влияют на все три акустические характеристики гласных. Большое значение имеет тип согласных глухой или звонкий. В окружении звонких согласных гласные имеют большую длительность, меньшую основную частоту и большую интенсивность.

2. Способ произношения согласных также является важной характеристикой согласных. Он больше влияет на длительность и относительную интенсивность гласных, чем на основную частоту, хотя все характеристики при этом меняются значительно.

3. Место артикуляции согласных оказывает меньшее влияние на акустические характеристики гласных.

4. Для каждой гласной имеются значительные различия в указанных характеристиках. Изменения гласных в зависимости от окружения согласных также различны.

Подытоживая наши данные, отмечаем следующие закономерности: в процессе устной речи выдержка гласных грузинского языка в позиции перед всеми согласными характеризуется устойчивым спектральным составом. Следовательно, грузинские гласные перед согласными сохраняют основное звучание; однако следует отметить, что в звуко сочетаниях „гласный + согласный“ все-таки прослеживается определенное влияние согласных как

<sup>1</sup> См. Hause Arthur. Farbanks Osgant, цит. стр. 105—113.



первичные, так и на вторичные акустические характеристики гласных в пределах их отступа. При этом группа гоморган-ных (т. е. сходных по месту образования) согласных оказывает одинаковое влияние на первичные, а группа гетероган-ных (т. е. сходных по способу образования) согласных — на вторичные физические характеристики гласных фонем:

а) носовые губно-губной [m] и переднеязычный [n] несколько понижают собственные тоны всех гласных;

б) губно-зубной согласный [v] несколько повышает собственные тоны гласных типа [a], [e], [i] и повышает собственные тоны гласных типа [e], [i];

в) переднеязычные согласные несколько повышают собственные тоны всех гласных;

г) альвеолярные согласные несколько понижают собственные тоны гласных типа [a], [e], [i] и повышают собственные тоны гласных типа [o], [u];

д) заднеязычные согласные несколько понижают собственные тоны гласных типа [a], [e], [i] и повышают собственные тоны гласных типа [o], [u];

е) по нашим записям на кимографе и спектрографе не прослеживается особенного влияния фарингального [q] и ларингального [h] согласных на предшествующие гласные.

Способ произношения согласных, в основном, определяет изменения вторичных акустических свойств гласных:

а) сонорные согласные значительно увеличивают длительность и интенсивность предшествующих гласных; частота основного тона повышается;

б) смычные согласные в зависимости от звонкого и глухого образования различно влияют на длительность и интенсивность предшествующих гласных. Перед звонкими согласными гласные несколько длительнее и интенсивнее, чем перед глухими. Частота основного тона в первом случае повышается, а во втором остается постоянной;

в) щелевые согласные оказывают на длительность и интенсивность предшествующих гласных большее влияние, чем смычные, и меньшее, чем сонорные. В зависимости от звонкого и глухого образования щелевые согласные различно влияют на

гласные. Перед звонкими щелевыми гласные несколько длительнее и интенсивнее, чем перед глухими. Частота основного тона перед звонкими повышается, а перед глухими она удерживается на одном и том же уровне.

Поскольку в звукосочетании „гласный + согласный“ уже при отступе гласного происходит переход укладов органов речи в артикуляции согласного, то изменения первичных и вторичных акустических характеристик гласных при их отступах физиологически обусловлены этим обстоятельством.

Повышение и понижение собственных тонов гласных зависит от увеличения и уменьшения объема резонирующей полости при переходе к согласным. Изменения же гласных по длительности, интенсивности и частоте основного тона следует объяснить способом образования последующих согласных звуков.

Длительность гласных фонем перед сонорными и щелевыми согласными обычно несколько больше, чем перед смычными. Это объясняется тем, что при артикуляции сонорных и щелевых согласных в речевом аппарате органами артикуляции создается щель различной формы, в результате чего речевая воздушная струя проходит свободно. При артикуляции же смычных согласных в надставной трубе происходит смыкание между органами речи, и воздушная струя, наталкиваясь на определенное препятствие, внезапно прерывается.

Интенсивность гласных фонем перед звонкими согласными обычно несколько больше, чем перед глухими, так как звонкие согласные образуются в результате колебаний голосовых связок и тем самым близки к гласным звукам, при артикуляции же глухих согласных голосовая щель открыта, и голосовые связки не колеблются.

Таким образом, результат эксперимента, проведенного нами на материале звукосочетания грузинского языка „гласный + согласный“ показал, что выдержка гласных перед всеми согласными характеризуется устойчивыми физическими свойствами в пределах как первичных, так и вторичных акустических характеристик.

Изменения, прослеживаемые нами при отступах гласных, не влияют на качество звуков. Последующие согласные, в зависимости от места и способа образования, придают гласным фо-



немам лишь своеобразный тембральный оттенок, не меняя при этом их основного звучания.

Исходя из положения проф. Г. С. Ахвледиани о том, что гласные грузинского языка очень мало поддаются влиянию согласного окружения, и, основываясь на результате нашего исследования, мы можем сделать вывод, что в грузинском языке в процессе устной речи перед всеми согласными реализуется основной вариант гласных фонем.

---