

А. Арамян

**Общие данные экспериментального исследования
гласных звуков армянской речи**

Основная задача изучения звукового состава языка состоит в установлении и описании системы фонем данного языка. Для выполнения этой задачи необходимо следующее:

Во-первых, нужно установить эту систему с артикуляторно-акустической, фонематической точки зрения, установить систему фонем с точки зрения противопоставления их материально-характерных признаков.

Во-вторых, необходимо установить систему фонем с точки зрения их смысловых, семантических сопоставлений, т. е. указать систему чередований звуков данного языка, комбинаторные изменения каждой фонемы в звуковой системе языка.

В процессе развития в каждом языке устанавливается своя система фонем. Будучи простейшими единицами языка, фонемы являются различителями значений слов и их грамматических форм. Однако фонемы не выступают в языке независимо одна от другой; они находятся в тесной взаимосвязи и благодаря этому фонемы каждого языка составляют своеобразную звуковую систему, отличающую один язык от другого.

Благодаря наличию артикуляторно-акустических связей устанавливается система фонем, противостоящих друг другу по своим характерным материальным (дифференциальным) признакам.

Благодаря наличию семантических связей устанавливается система чередований в этимологически родственных словах или морфемах.

Звуки образуются при наличии трех основных факторов:

1. Выдыхательный ток различной силы и продолжительности, т. е. субстрат звука, обеспечивающий различные качества звуков речи (согласных — звонких, глухих, придыхательно-глухих; гласных — долгих, кратких и т. д.).

2. Преграждение выдыхательного тока; при этом преграждение выдыхательного тока и, следовательно, артикуляция звука могут быть различны: по месту (в гортани, в различных местах переднего и заднего резонаторов и т. д.), по способу (полное преграждение выдыхательного тока и взрыв или же образование различных форм теснины и трение воздушного столба о края теснины), по интенсивности и т. д.

3. **Резонирующее пространство**, которое придает звуку характерную для него качественную окраску: гортань, полость рта, полость

носа и т. д. Резонирующее пространство изменяется при изменении положения подвижных частей данных полостей: языка, губ, маленького язычка и т. д.

Каждому языку свойственны свои, присущие только ему одному артикуляторно-акустические средства для выражения значений в языке и характерные способы их использования в речевом общении.

Специфические артикуляторно-акустические средства в области вокализма армянской речи сводятся к некоторым основным моментам.

Все гласные армянского языка (а, о, ц, ё, і, ә) являются звуками ротового образования. При артикуляции их носовая полость из общей системы надставной трубы исключается¹: положение маленького язычка препятствует резонанции воздушного столба в носовой полости, и она (резонанция) осуществляется в ротовом резонаторе.

Различные качества и окраска гласных звуков находятся в прямой (или косвенной) зависимости от степени опущения нижней челюсти, от положения языка, губ и т. д.

Основным компонентом при образовании всех гласных является язык.

При артикуляции гласных преграждения выдыхательного тока не происходит, и воздух, свободно проходя через гортань, резонируется в разных частях надставной трубы.

Тем не менее при рассмотрении звуков речи следует принимать во внимание то обстоятельство, что эти факторы при образовании гласных выступают в несколько иных функциях, чем при образовании согласных.

Рассматривая вопрос с этой точки зрения, следует указать, что классификация гласных основывается на иных признаках, чем классификация согласных, поскольку ни один из признаков разделения согласных к гласным не подходит.

Гласные нельзя подразделять по способу образования, как это мы делаем с согласными, так как все гласные относятся к одному способу образования — свободного прохода.

Благодаря свободному проходу выдыхательного воздуха артикуляция гласных не локализована, т. е. артикуляция гласных сопровождается наименее энергичным стеснением устного канала, которое затрудняет определение места их артикуляции. Определить место артикуляции можно точнее, если явственнее будет производиться стеснение устного канала (до совершенного затвора)².

¹ Однако необходимо оговорить, что связь ротового резонатора с полостью носа все-таки имеет место и сказывается в тембре звуков. Об этом свидетельствуют рентгенограммы гласных звуков армянского языка.

² Несмотря на то обстоятельство, что различное звучание гласных обусловлено объемом и формой резонирующей полости, различными степенями раствора рта, участия губ и т. п., однако данные факторы не выявляют той основы, на которой базируется различие, скажем, между (а) и (ә) или (и). Об этом дает нам представление только физико-акустический анализ гласных.

Затем, согласные подразделяются по признаку голоса, а гласные нельзя делить по этому признаку, так как все гласные одинаково звонки, и т. д.

Таким образом, различительные признаки гласных состоят в чем-то ином, что определить гораздо труднее. Различные методы современной экспериментальной фонетики дают возможность решить эту задачу. С помощью рентгенологического метода использования звуков выявляются те физиолого-морфологические уклады, которые характерны для артикуляции отдельных звуков, а спектрография и кимография делают возможным выявление всех тех существенных физических признаков звуков речи, на которых базируются их качественные различия.

Общие данные рентгенологического и физико-акустического анализа гласных звуков армянской речи

При выработке методики анализа и изучения гласных звуков армянского языка мы имели в виду, что для правильной интерпретации спектрально-акустической характеристики звуков речи необходимо параллельное изучение артикуляторного аппарата. Это позволит выяснить как существенные для каждого звука спектрально-акустические признаки, так и его физиолого-морфологические приспособления.

Проводимый нами структурный анализ гласных звуков опирается на положения резонансной теории. Мы исходим из того, что качество гласного (тембр), т. е. соотношение его основного тона с обертоновыми составляющими, в основном обусловлено объемом и формой резонатора. При этом существенное значение имеют также форма и величина выходного отверстия резонатора (в нашем случае—губного отверстия).

Весь произносительный аппарат¹ — от губ до голосовых связок — рассматривается нами как сложная система рото-носо-глоточного резонатора. В этой системе рото-глоточный резонатор является главным излучателем звуков и лежит в основе их качественного различия.

Необходимо подчеркнуть, что имеется в виду именно речевой генератор (артикуляторно-голосовая система), поскольку в системе произносительного аппарата, по нашему предположению, можно выделить также голосовой генератор.

Субстратом речевого генератора является надставная труба, которая обеспечивает все гармоническое богатство звуков. Это положение согласуется с общепризнанной резонансной теорией гласных, получившей свое окончательное оформление у Гельмгольца². Суть этой

¹ Речь идет только о той части артикуляторного аппарата, которая располагается выше голосовых связок.

² См. Г. Гельмгольц, Учение о слуховых ощущениях, СПб, 1875.

теории заключается в том, что фактура голоса — воздух, приходя из легких, приводит в движение голосовые связки. В результате этого возникает звук, имеющий резкий характер. Разумеется, что этот звук должен обладать характерным тоном.

С поступлением звука в резонансные полости произносительного аппарата его первоначальный резкий характер исчезает благодаря усилению его составных частей, гармонических по отношению к основному тону, и звук приобретает характер определенного гласного. Преобразование „голосового“ звука в „речевой“¹ происходит благодаря тому, что артикуляторный аппарат человека представляет собой сложную систему резонаторных полостей, которые обладают способностью настраиваться на гармонический лад. Они выделяют и усиливают из всей массы поступающих тонов именно те, частота которых совпадает или близко подходит к их собственному тону. Согласно резонансной теории, характеристику гласного, отличающую один гласный звук от другого, составляют те усиливающие обертоны, которые совпадают или ближе остальных подходят к частоте собственного тона резонирующей полости. Таким образом, можно предполагать, что голосовые связки дают лишь так называемый сырой материал — резкий звук. Свою дальнейшую обработку он получает в резонансных полостях, в основном в ротовом резонаторе, который является основным излучателем и тембральным оформителем вступившего в него звука голосовых связок. Таким образом, струя воздуха, вызывая колебание голосовых связок, возбуждает звук, имеющий собственный тон. Этот звук выступает в качестве фактуры как для певческого голоса (пения), так и для речевого голоса (речи). Однако речевой акустический эффект и тембральную окраску он приобретает лишь после прохождения через горн резонансных полостей, в частности через ротовой резонатор, и воспроизводится в качестве конкретных гласных звуков. В этом аспекте условно различаем **голосовой генератор**, который дает звук определенной высоты тона, однако речевой звук, как таковой, отсутствует (аналогичный случай мы имеем в пении при закрытом регистре), и **речевой генератор**, при участии которого осуществляется артикуляция гласных звуков.

В настоящем исследовании нами была рассмотрена лишь одна часть весьма сложной резонаторной системы человеческого голосового аппарата, а именно — **речевая генераторная система**, ее роль и функция в образовании и артикуляции гласных звуков армянского языка.

Свободопроходный звук — гласный — подвергается разнообразной качественной обработке в надставной трубе речевого аппарата вследствие изменения формы и объема ее резонирующих полостей. Изменения формы и объема надставной трубы происходят благодаря

¹ Употребление нами данных терминов имеет условное значение.

разнообразным конфигурациям ее подвижных частей — губ, языка, нижней челюсти, мягкого нёба, язычка и т. д. Но решающее значение для этих изменений имеют, в основном, язык и нижняя челюсть. При подъеме той или иной части языка по направлению к нёбу надставная труба разделяется на две связанные между собой части — на передний и задний резонаторы. С другой стороны, от степени раскрытия нижней челюсти зависят объем резонатора как по высоте, так и по длине и ширине и различные формы расположения языка в нем.

Конкретизируя взаимоотношения между объемом и формой резонатора и величиной и формой его выходной площади, с одной стороны, и физико-акустической характеристикой воспроизводимого звука — с другой, установлен ряд определенных взаимоотношений между ними.

1. Удлинение резонатора надставной трубы вызывает **понижение** характерного тона воспроизводимого гласного и, наоборот, **укорочение** вызывает **повышение** характерного тона.

2. **Расширение** объема резонатора надставной трубы вызывает **понижение** характерного тона гласного, и, наоборот, **уменьшение** объема резонатора способствует **повышению** характерного тона.

3. При **большой** поверхности выходного отверстия резонатора характерный тон гласного **повышается**, а **уменьшение** этой поверхности вызывает понижение характерного тона гласного. Таким образом, между общим объемом резонатора надставной трубы и высотой характерного тона гласного существует обратное отношение. Величина же площади выходного отверстия резонатора и высота характерного тона гласного находятся в прямом отношении.

Изменения в надставной трубе обусловлены, в основном, изменением ее внутренних размеров, при движении языка в ней, и площадью ротового отверстия. При этом более значительные изменения претерпевают объем и форма передней части надставной трубы — ротовой полости, нежели ее заднележащая часть.

Видоизменения во всей надставной трубе главным образом намечаются в плоскостях ее ширины и высоты. Длина же надставной трубы, вследствие ее морфологического строения, допускает весьма незначительные изменения. Наименьшая длина имеется при артикуляторном укладе гласного (i), вследствие сильного расширения рта и оттягивания губ в стороны. Наиболее длинной надставная труба окажется при артикуляторном укладе гласного (u) за счет сильного выпячивания губ вперед и опущения гортани. Остальные звуки распределяются между (i) и (u). Характерно, что при образовании всех гласных резонатор надставной трубы, из-за образуемого сужения между спинкой языка и нёбом, разделяется на два более или менее тесно друг с другом связанных резонатора. При разных гласных сужение образуется между разными точками резонатора.

При артикуляции гласных (i), (ē) сужение образуется между поднимающейся частью языка и твердым нёбом, в результате этого

задний резонатор (акустическая характеристика — низкий тон) расширяется, а передний резонатор (акустическая характеристика — высокий тон), наоборот, уменьшается.

При артикуляции гласных (э), (а), (о), (и) сужение образуется между зоной корней спинки языка и мягким нёбом; вследствие такой конфигурации языка расширяется передний резонатор за счет сокращения заднего. Для установления соотношений размеров переднего и заднего резонаторов надставной трубы был применен метод измерений размеров сагиттального разреза этих площадей с помощью планиметра. Данный метод измерения размеров резонаторных полостей надставной трубы и всей надставной трубы в экспериментальной фонетике применяется впервые. Результаты нашего исследования показывают, что этот метод вполне может заменить применяемый до сих пор в экспериментальной фонетике метод определения размеров резонаторных полостей с помощью измерений параметров их длины, ширины и высоты и дает более достоверные сведения об их размерах. Следует оговорить, что при всех случаях, как при измерении применяемым до сих пор методом (установление параметров длины, ширины и высоты резонаторов), так и с помощью планиметра, мы вычисляем не объем резонаторных полостей, а лишь плоскостные размеры (площади) сагиттального разреза надставной трубы. Термином „объем“ мы будем пользоваться далее условно. Были проведены измерения трех видов: передний резонатор — от вертикальной линии между губами до наивысше поднимающейся зоны спинки языка; задний резонатор — от поднимающейся зоны спинки языка до прямой линии между краями морганиевых желудочков; вся надставная труба — от межгубной вертикальной линии до линии между краями морганиевых желудочков.

Необходимо отметить, что все это может дать, разумеется, лишь общее и грубое представление о размерах (и притом, конечно, о размерах плоскостных) резонансных полостей. Реально же в процессе артикуляции в потоке речи их размеры варьируют в зависимости от индивидуальных особенностей артикуляторного аппарата говорящего. Кроме того, человеческая речь производится как продукт комплексного действия равнозначных артикуляторных органов. Расчленение же единой системы речевого аппарата на составляющие ее элементы преследует лишь исследовательские цели.

Ниже приводятся количественные показатели результатов измерений „объемов“ переднего и заднего резонаторов и всей надставной трубы в произнесении двух дикторов в изолированной позиции и в позиции (р — р) в произнесении диктора А.¹

¹ По этим данным можно было вычислить размеры резонаторов в мм². Однако, поскольку нас в данном случае интересуют лишь общие соотношения этих площадей, мы даем величины площадей в единицах показаний счетчика планиметра, не переводя их в мм².

Количественные показатели результатов измерений сагиттального разреза переднего и заднего резонаторов и всей надставной трубы (в единицах)

Диктор А.		Диктор Г.		Диктор А.	
Общий рез.	245	247	р (i) р	Общий рез.	250
передний	37	60		передний	45
задний	203	192		задний	207
Общий рез.	254	225	р (e) р	Общий рез.	229
передний	58	69		передний	74
задний	191	150		задний	150
Общий рез.	254	219	р (ə) р	Общий рез.	203
передний	95	93		передний	100
задний	155	119		задний	109
Общий рез.	280	235	р (u) р	Общий рез.	277
передний	125	107		передний	129
задний	147	130		задний	159
Общий рез.	259	222	р (a) р	Общий рез.	270
передний	149	141		передний	141
задний	112	78		задний	100
Общий рез.	277	268	р (o) р	Общий рез.	318
передний	159	159		передний	195
задний	123	117		задний	125

Сопоставляя количественные показатели размеров переднего и заднего резонаторов при произнесении гласных, мы видим, что между ними существуют определенные соотношения, варьирующие в небольших пределах. Максимальный объем глоточного резонатора и, соответственно этому, минимальный объем переднего резонатора наблюдаются при гласных переднего образования (i), (e). Уменьшением резонаторов объема глоточного резонатора и увеличением передноротового резонатора гласные заднего ряда противопоставляются гласным переднего образования. Гласный (ə) по своему артикуляторному укладу занимает среднее положение между гласными переднего и заднего образования. Заднеязычный гласный (u) и частично (o) отличаются сравнительно большим объемом глоточного резонатора. Этим они обязаны заднеязычному выдвинутому вперед образованию и еще тому, что при них (в частности, при (u)) маленький язычок занимает самое высокое, по сравнению с остальными гласными заднего ряда, положение.

Поднятием спинки языка резонатор надставной трубы разделяется на две части. Это служит, с одной стороны, объективным фактором при установлении определенных взаимоотношений между передним и задним резонаторами, с другой — объемом и формой глоточного и ротового резонаторов и акустической характеристикой (амплитудными показателями звукового напряжения).

Сравнительное сопоставление данных рентгенографии и спектрографии гласных звуков армянского языка позволяет сделать следующие общие предположения по данному вопросу:

а) В результате деления резонатора надставной трубы на передний и задний, между объемами последних устанавливаются обратные отношения: при большом ротовом резонаторе объем глоточного резонатора значительно уменьшен, и, наоборот, при маленьком ротовом резонаторе глоточный резонатор увеличен (см. вышеприведенную таблицу).

б) За счет уменьшения ротового резонатора расширяется глоточный резонатор. Это вызывает возрастание амплитуд низкочастотных составляющих и уменьшение — в области высокочастотных составляющих. При этом не исключается появление новых низких частот.

За счет увеличения ротового резонатора происходит уменьшение глоточного резонатора. Это вызывает возрастание амплитуд в области высокочастотных составляющих и уменьшение — в области низкочастотных составляющих. При этом не исключается появление новых высоких частот. Следовательно, можно предполагать, что высокочастотные составляющие образуются, в основном, в передней части надставной трубы, а нижележащие по частотной шкале составляющие являются, в основном, результатом действий глоточной части надставной трубы. При звуках, образуемых, в основном, глоточным резонатором, ротовой резонатор имеет наименьший объем. По крайней мере об этом говорят полученные нами рентгенограммы.

Данные взаимоотношения наиболее ярко проявляются в артикуляторных укладах гласных (i), (a) и других звуков (см. вышеприведенную таблицу).

Гласный (ē) по своему артикуляторному укладу в значительных пределах имеет общую с гласным (i) характеристику. Хотя при артикуляции (ē) отмечается значительное увеличение переднего резонатора в сравнении с (i), однако (ē) больше склонен к глоточному образованию, и в этой плоскости они с (i) объединяются в одну группу.

Переходя к рассмотрению следующей пары звуков — (a), (o), (ə), (u), мы наблюдаем постепенное увеличение переднего резонатора и, следовательно, — уменьшение заднего. Момент резкого перехода между размерами переднего резонаторов в артикуляторных укладах (ə) и (u) как-то сглаживается. Передний и задний резонаторы в образовании этих звуков принимают почти равнозначное участие.

При звуках (a) и (o) взаимоотношение между передними и задними резонаторами меняется. Постепенное увеличение переднего резонатора и соответственно этому уменьшение заднего резонатора проявляются более резко. В их артикуляторных укладах доминирует передний резонатор с большим или меньшим участием заднего.

Сравнивая гласные с точки зрения конфигурации их артикуляторных укладов, мы можем внутри них провести относительную¹ грань:

¹ Относительно в том смысле, что едва ли найдется язык, где звуки могут образовываться либо только глоточным резонатором, либо только ротовым резонатором.

гласные так называемого глоточного образования (i, ē), смешанные гласные —(ə, u) и гласные переднего (ротового) образования—(a, o)¹.

Указанные взаимоотношения органов артикуляторного аппарата при разных гласных ясно обнаруживаются в спектральной характеристике гласных и являются подтверждением этих характеристик. Рассматривая спектр гласного звука (i) как наиболее яркого представителя звуков глоточного образования, мы наблюдаем следующее расположение амплитуд колебаний на частотной шкале.

Интенсивность звукового напряжения максимально проявляется в области низкочастотных составляющих (которые, как известно, не являются характерным для гласного (i)².

Результаты спектрального анализа звука (i) в двух определенных позициях и у двух дикторов показывают, что средняя величина амплитуды на частотах 250—500 гц (ротовой резонатор) колеблется между 25—40 мм. Между тем амплитудные показатели высококачественных составляющих (глоточный резонатор), лежащих примерно на частотах 2100—3600 и 4700—5150 гц, весьма незначительные и не превышают 1—2 мм. В то же время для акустической характеристики гласного (i) решающим является именно наличие этих высокочастотных спектральных составляющих, которые, однако, поглощаются³ вследствие сильного влияния глоточного резонатора. По своему артикуляторному укладу к звуку (i) ближе других гласных стоит (ē), несмотря на то, что в сравнении с (i) в артикуляторном укладе (ē) уже намечается уменьшение глоточного резонатора и, следовательно,—возрастание переднего, ротового резонатора. Вследствие такого расположения органов речи на спектре звука (ē) мы наблюдаем перемещение спектральных составляющих по частотной шкале.

Большой интенсивностью выделяются области низкочастотных составляющих (глоточный резонатор) в пределах 200—800 гц, где амплитудные показатели колеблются от 25 до 38 мм, тогда как амплитуда высокочастотных составляющих (ротовой резонатор), лежащих в пределах 2000—3000 гц, составляет лишь 2—4 мм.

Гласный (ə) отличается довольно своеобразной позицией, занимая центральное положение среди гласных ротового и глоточного образования. Его артикуляторный уклад отличается сравнительно равнозначным включением в процесс артикуляции всего ротоглоточного резонатора, а расположение органов произносительного аппарата отражается в спектральной структуре данного звука. В спектре звука (ə) имеются и низкочастотные и высокочастотные области, играющие

¹ Иллюстрации рентгенограмм гласных [i], [a] см. в нашей статье „Некоторые вопросы вокализма армянского языка“, „Известия“ АН Армянской ССР, 1957, № 7 (общественные науки), остальным звукам дается лишь описание их рентгенограмм.

² См. там же, спектры гласных [i], [a], остальным звукам дается лишь описание их спектров.

³ Как известно, высокие тона больше склонны к поглощению, чем нижние.

почти одинаково важную роль в его характеристике. Низкочастотная область лежит в пределах от 300 до 800 гц и отличается только высокими амплитудными показателями. У диктора А. они составляют 2—15 мм, у диктора Г.—2—35 мм. В области высокочастотных характеристик гласного (э), расположенных в пределах 1900—2200 гц и около 2850 гц, уже намечается значительное возрастание интенсивности звуковых колебаний; у диктора А. амплитудный показатель равняется 3 мм, у диктора Г. он колеблется в пределах 2—15 мм.

Данное обстоятельство получает свое подтверждение в том, что ротовой резонатор активнее, по сравнению с предыдущими звуками, включается в процесс артикуляции гласного (э) и этим способствует возрастанию интенсивности высокочастотных характеристик.

Наряду с уменьшением объема глоточного резонатора и увеличением ротового резонатора, на частотной шкале спектральных составляющих гласного (а) происходит постепенное и закономерное перемещение частотных характеристик. В соответствии с артикуляторным укладом (а), где доминирует ротовой резонатор, наблюдается перемещение спектральных составляющих по частотной шкале и их сосредоточение в области более высоких частот (в сравнении с (э)), в пределах 500—1400 гц и на границе 2150 гц.

У диктора А. частично наблюдается появление низких частот в пределах от 300 до 350 гц и одновременно в области высоких частот — 3600 гц (хотя и весьма редко), и, в частности, в изолированном произнесении. Появление новых высокочастотных составляющих наблюдается также у диктора Г. (2900 гц). Здесь находит свое подтверждение сделанное нами выше предположение, что усиление функции переднего резонатора в артикуляции звука вызывает усиление высокочастотных составляющих и способствует появлению новых высоких частот. Здесь нужно отметить также влияние индивидуальных особенностей голосового регистра диктора. Сравнительное сопоставление результатов спектрального анализа (также и рентгенологического исследования звуков в произнесении двух дикторов) показало, что у диктора А. низкочастотная область, в сравнении с диктором Г., расположена ниже примерно на 100—150 гц (например, в звуках (i), (ē), (u)). Однако в то же время у одного и того же диктора (диктора А.) мы наблюдаем появление и очень высоких частот (например, при (а)). Интенсивность звуковых колебаний в доминирующей области частотных характеристик (500—1400 гц) гласного (а) у диктора Г. доходит от 4 до 30 мм, у диктора А.—от 4 до 38 мм. В области же высоких частот (2150 гц) амплитуда у диктора А. равна 2 мм, у диктора Г.—колеблется от 2 до 4 мм, высокие частоты (диктор Г.—2900 гц, диктор А.—3600 гц), не отмечаются большой интенсивностью, у обоих дикторов амплитуда их не превышает 1 мм. Для спектра (а) характерно более плотное расположение составляющих, которые располагаются в пределах от 300 до 1500 гц (шире, чем в каком-либо дру-

гом звуке). В звуках же (i), (ē), (ə) спектр составляющих имеет более разбросанный характер (рис. 1).

Перемещение спектральных составляющих по частотной шкале и их сосредоточение либо в высокочастотных, либо в низкочастотных областях получает подтверждение в конфигурации морфолого-физиологического механизма артикуляторного аппарата. Это лишний раз указывает на то, что для правильной интерпретации спектральной структуры

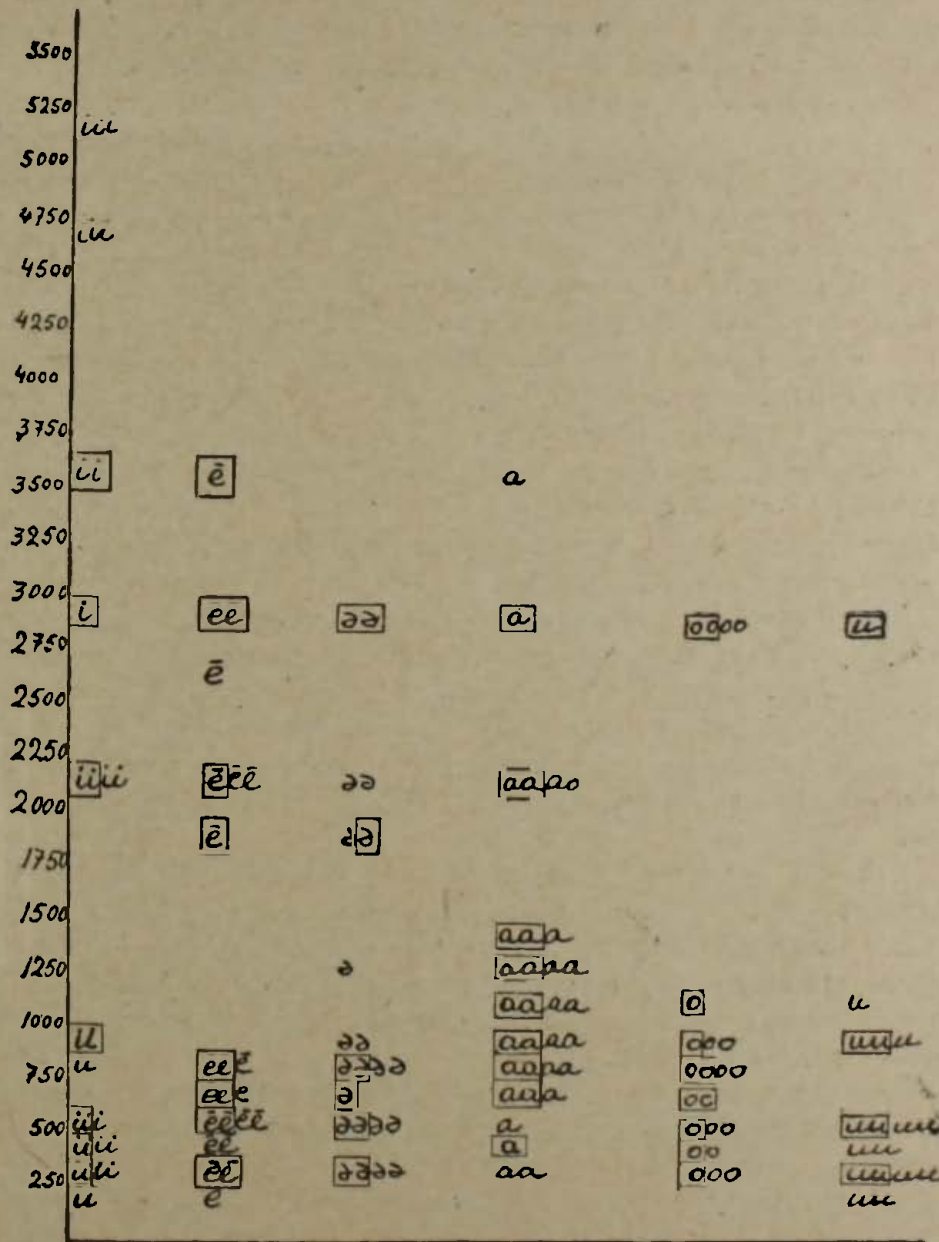


Рис. 1. Сводный график спектральных характеристик гласных звуков армянской речи. Результаты анализа у диктора А. обозначены в квадратиках.

необходимо изучение голосового и артикуляторного аппарата, позволяющее делать некоторые заключения о существенных для каждого звука акустических данных.

При образовании всех рассмотренных нами выше гласных звуков губы занимают более или менее нейтральное положение, т. е. из общей системы резонатора надставной трубы губной резонатор исключается. Иначе обстоит дело с звуками (о) и (у).

Гласный (о) по распределению частотных характеристик стоит после гласного (а) и противопоставляется ему и всем остальным гласным (за исключением (о) своим лабиализованным укладом.

Рентгенограмма гласного (о) показывает, что он является, в основном, звуком переднего образования. Стало быть, высокочастотные характеристики в спектре гласного (о) должны были получить максимальную интенсивность в сравнении с низкочастотными. На самом же деле, как показывает наше исследование, более широкая и устойчивая область спектральных составляющих лежит в пределах 300—1000 гц и выделяется интенсивностью звуковых колебаний у диктора Г. — от 4 до 40 мм (самая интенсивная область колебаний амплитудой 10—40 мм относится к частотам с 300—536 гц); у диктора А. амплитуда этой же области часто варьирует в пределах от 3 до 23 мм (более интенсивные колебания (20—23 мм) охватывают частоты с 300 до 536 гц). Высокочастотные же составляющие с частотой 2132 гц в общем не отличаются интенсивностью колебаний; у диктора А. они не превышают 2 мм, а у диктора Г. составляют в среднем 6 мм.

Возрастание интенсивности колебаний низких частот в спектре звука (о) получает свое разъяснение в своеобразии его артикуляторного уклада, т. е. в его огубленности и в образовании губного резонатора. Вследствие выпячивания и округления губ полость рта при артикуляции гласного (о) суживается и, как показывают рентгенограммы, принимает форму рожка с довольно узким выходным отверстием.

Сужение выходного отверстия ротового резонатора вызывает понижение собственного тона резонирующей полости, и образовавшийся в ней гласный получает значительно более низкий тон. Это обстоятельство способствует усилению интенсивности колебаний низкочастотных характеристик воспроизводимого звука и ослаблению высокочастотных колебаний.

Влияние дальнейшего сужения выходного отверстия резонирующей полости на спектральную структуру звука отчетливо проявляется при артикуляции гласного (у).

Как показывают рентгенограммы, выходное отверстие ротового резонатора получает при (у), в сравнении с (о), наименьшие размеры, губы сильно выпячены вперед и образуют узкую круглую щель; передняя часть надставной трубы сохраняет форму рожка и лишь немного более удлинена, чем при артикуляции (о).

² Реципрокная теплениция между передним и задним резонаторами наблюдается также Н. И. Жинкиным, в частности при артикуляции гласных (а) и (и) (см. «Доклады на совещании по вопросам психологии», Москва, 1954, стр. 276).

закрытая позиция диктора А. = (i, е, э, u, а, о)

б) По величине заднего резонатора (в порядке уменьшения) гласные располагаются следующим образом:

изолированная позиция диктора А. = (i, ē, э, u, о, а)

Г. = (i, ē, u, э, о, а)

закрытая позиция диктора А. = (i, u, ē, а, о, э)

В порядке звуков по увеличению переднего резонатора гласные располагаются весьма закономерно и четко. Если бы обратное соотношение размеров переднего и заднего резонаторов проявлялось идеально, то, располагая звуками в порядке уменьшения заднего резонатора, мы получили бы полное соответствие с расположением их в ряд по степени увеличения переднего резонатора. Однако обратное соотношение переднего и заднего резонаторов в таком строгом виде не проявляется (по крайней мере на основе полученных нами данных).

Рассматривая порядок звуков по уменьшению заднего резонатора в изолированной позиции, мы наблюдаем смещение звуков (u) и (э) у диктора Г. и смещение (о) и (а) у обоих дикторов. В закрытой позиции у диктора А. появляются смещения другого рода. Остается на том же месте, благодаря своему ярко выраженному образованию, лишь звук (i).

Однако мы думаем, что соотношение показателей все-таки дает нам основание придерживаться положения об обратном соотношении размеров переднего и заднего резонаторов.

Дело в том, что смещение звуков в ряду происходит не более чем на одно место. Возможно, что более точные измерения как площади сагиттального разреза резонаторов, так и в особенности реального объема их смогут внести в рассматриваемые нами соотношения какие-то уточнения.

Что касается смещения в последовательности звуков в закрытой позиции, то его можно предположительно объяснить тем, что даже максимально нейтральное звуковое окружение, в данном случае (p—p), оказывает довольно значительное ассимилятивное влияние на соседние гласные.

В правильности предположения об обратном соотношении размеров переднего и заднего резонаторов убеждают следующие строгие распределения звуков в определенной последовательности по коэффициентам, отношения размеров переднего резонатора к размерам заднего:

$$k = \frac{S_{\text{пер.}}}{S_{\text{зад.}}}$$

Вычисления дают следующие результаты (по порядку увеличения коэффициента):

В изолированном произнесении

Диктор А.	Диктор Г.
i — 0,18	i — 0,31
ē — 0,31	ē — 0,47
ə — 0,61	ə — 0,78
u — 0,85	u — 0,82
o — 1,29	o — 1,36
a — 1,33	a — 1,81

Что касается коэффициентов, вычисленных для закрытой позиции, то здесь мы наблюдаем смещения по сравнению с последовательностью звуков при открытой позиции. Однако эти смещения происходят опять-таки не более чем на одно место (меняются местами (u) — (ə) и (a) — (o)).

В произнесении в закрытой позиции

Диктор А.	i — 0,22
	ē — 0,49
	u — 0,81
	ə — 0,92
	a — 1,08
	o — 1,56

Взаимоотношение переднего и заднего резонаторов при артикуляции разных звуков с большей наглядностью можно проиллюстрировать на графике¹ (рис. 2).

Рассматривая ряд звуков по их распределению по переднему и заднему резонаторам, мы видим, что для звуков, характеризующихся задним образованием (в смысле резонатора), существенное значение получают изменения, сдвиги, происходящие в заднем резонаторе. Этим характеризуются звуки (i), (ē). По переднему резонатору они изменяются в сравнительно маленьких пределах (около 70 единиц). Постепенно функция переднего резонатора становится более значительной, и мы наблюдаем сдвиг звуков влево, соответственно с увеличением функции переднего резонатора (ə, u, a, o).

Таким образом, мы получаем треугольник звуков, в одном конце которого стоит звук (i) с минимальным передним и максимальным задним резонаторами, в других концах почти на одном уровне — гласные (a) и (o) с доминирующим передним резонатором.

2. Соотношение величины выходного отверстия (по вертикали

¹ График составлен на основе абсолютных величин результатов измерений площади сагиттального разреза переднего и заднего резонаторов с помощью планиметра. На графике приводятся данные двух дикторов в изолированной позиции и дополнительно в закрытом слоге (p—p) у диктора А. Данные диктора А. обозначены в квадратах.

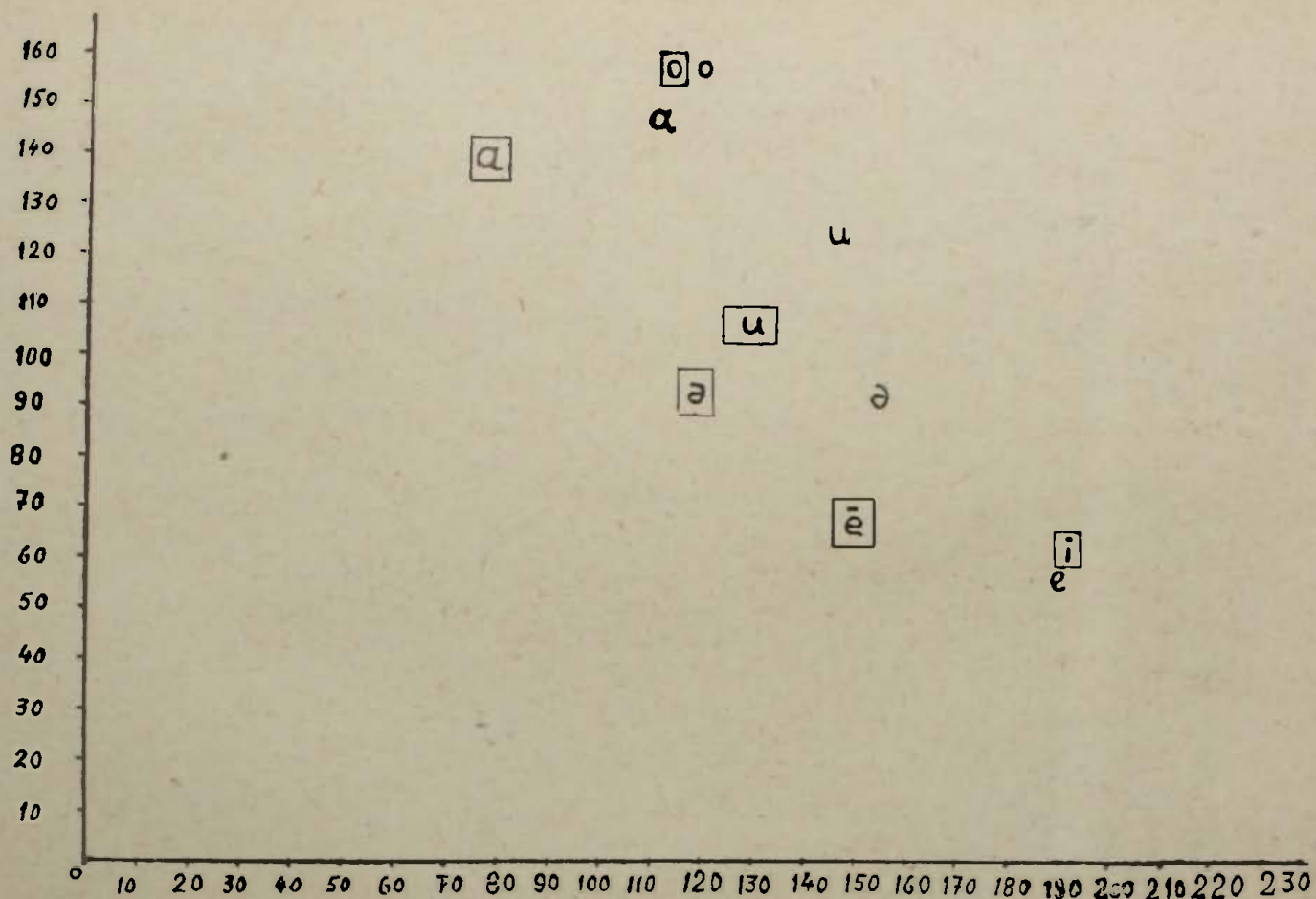


Рис. 2. График взаимоотношений переднего и заднего резонаторов при артикуляции гласных армянской речи. Данные диктора А. обозначены в квадратиках. Передний резонатор расположен в левом верхнем, а задний резонатор в правом нижнем углу.

между губами) и „объемом“ переднего резонатора можно наглядно иллюстрировать следующим графиком (рис. 3)¹:

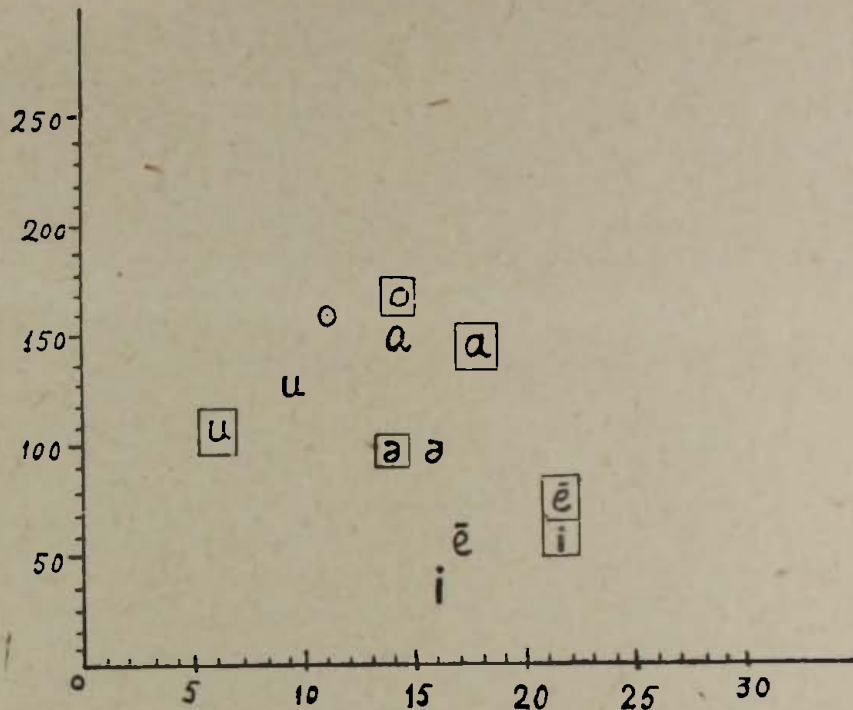


Рис. 3. График соотношений величины выходного отверстия и „объема“ переднего резонатора при артикуляции гласных армянской речи. Данные диктора А. обозначены в квадратиках. Передний резонатор расположен в левом верхнем, а выходное отверстие в правом нижнем углу.

Рассматривая звуки в том порядке, в каком приводятся на графике, мы видим следующее соотношение между выходным отверстием и передним резонатором.

Наиболее широкое выходное отверстие, какое мы имеем при (i), сопутствует с минимальным объемом переднего резонатора. При (i) губы растянуты в стороны. Широким выходным отверстием и незначительно меньшим в сравнении с (i) передним резонатором характеризуется гласный (ē); выходное отверстие при нем изменяется в основном в вертикальном диаметре.

При гласном (ə) значительному размеру переднего резонатора соответствует довольно большое выходное отверстие. При гласном (u) наблюдается дальнейшее увеличение переднего резонатора, сопровождаемое сокращением размеров выходного отверстия. Вследствие выпячивания губ оно становится круглым и наименьшим по размеру в сравнении с другими звуками. С переходом к гласному (a) соотношение между передним резонатором и выходным отверстием меняется, поскольку при (a) губной резонатор исключен. Большой передний резонатор сопровождается широким

¹ График составлен по показателям „объемов“ резонаторов и выходного отверстия.

выходным отверстием. Оно увеличивается, в основном, за счет увеличения вертикального диаметра отверстия. С переходом к звуку (о), который характеризуется губным образованием, уменьшение выходного отверстия соотносится с наибольшим передним резонатором. Итак, распределяя звуки по величине выходного отверстия в порядке увеличения, можно указать на следующие пары: (и, о), (а, э) и (і, ё).

3. Уменьшение заднего резонатора и увеличение переднего вызывает некоторые, довольно закономерные¹ изменения в спектральной характеристике звуков, образовавшихся в данных полостях².

Спектральные характеристики армянских гласных по частотной шкале располагаются следующим образом, начиная с самой высокой частотной области³:

(і) —	высокая область — 5200 гц	низкая область — 193 гц
(ё) —	" " — 2942 гц	" " — 193 гц
(э) —	" " — 1942 гц, 2132 гц	" " — 300 гц
(а) —	" " — 2132 гц	" " — 300 гц
(о) —	" " — 956 гц	" " — 300 гц
(и) —	" " — 956 гц, 536 гц	" " — 193 гц, 300 гц

По данным спектрального анализа нами был составлен сводный график (рис. 1) спектральных характеристик исследуемых звуков, который отражает общую структуру спектров в процессе их развертывания при артикуляции различных гласных. На графике приводятся данные в произнесении двух дикторов в изолированной и закрытой позициях. Поскольку в результатах анализа звуков в обеих позициях расхождения весьма незначительные, то и на графике они даются в сводной форме, без уточнения позиций. Общий диапазон частот равен 62—5422 гц.

Расположение спектральных характеристик звуков на частотной шкале при различных артикуляторных укладах показывает следующее.

Звук (і) характеризуется, в сравнении с остальными звуками, широким частотным диапазоном, простирающимся от самых низких (193 гц) до самых высоких (5147 гц) частот.

Благодаря своему ярко выраженному глоточному образованию передний резонатор при (і) весьма узок. Тем не менее в деле аку-

¹ Мы не имеем возможности установить более точные соотношения между физиологическими особенностями образований звуков и их физическими характеристиками, поскольку нами был вычислен не реальный объем переднего и заднего резонаторов надставной трубы, а только площадь сагиттального разреза данных резонаторов. Однако те общие соотношения, которые устанавливаются нами на основе взаимоотношений физиолого-морфологических механизмов приспособлений звуков к их физико-акустическим характеристикам, достаточно четко выявляют ту связь и зависимость, которая существует между ними.

² Влияние характера резонаторных полостей (в частности, глоточного резонатора) на физические особенности звуков (в частности, на громкость звуков) наблюдалось также Н. И. Жинкиным (см. *Н. И. Жинкин, Механизм произнесения слов. Доклады на совещании по вопросам психологии*, стр. 272).

³ Берутся более или менее постоянные области спектральных характеристик.

стической характеристики гласного (i) функцию необходимых спектральных признаков выполняют именно те спектральные характеристики, которые образуются в переднем резонаторе. Узость переднего резонатора (и расширение заднего) сказывается в том, что высокие частоты, образовавшиеся в переднем резонаторе, имеют весьма слабую интенсивность (однако они отнюдь не исчезают). Ослаблению их интенсивности благоприятствует также расширенный глоточный резонатор, который, поглощая интенсивность высоких частот, вызывает появление новых низких частот¹. Такой же характеристикой, только более узким в сравнении с (i) диапазоном, характеризуется гласный (ē). По характеру образования (i) и (ē) как-то объединяются и составляют группу звуков глоточного образования.

Постепенно с увеличением функции переднего резонатора (начиная с звука (ə) в отношении заднего соотношение спектральных характеристик сменяется. Общий диапазон частот постепенно суживается.

При артикуляторном укладе (ə) передний и задний резонаторы участвуют более или менее равномерно. Для образования характерных для него спектральных составляющих важно участие как переднего, так и заднего резонаторов. Гласный (a) отличается сравнительно широкой областью характеризующих его составляющих (от 300 до 1450 гц). Уплотненность этих частот при звуке (ē) проявляется более ярко. При звуках (o) и (u) эта область значительно уже, хотя и довольно уплотнена; при (o) она занимает пределы от 300 до 956 гц, при (u) — от 193 до 536 гц.

Артикуляторный уклад последних характеризуется увеличением функции переднего резонатора (при этом не исключается, конечно, функция заднего резонатора). Однако, благодаря их особому губному образованию, те высокие частоты, которые характерны для данных звуков, проявляются весьма слабо (губной резонатор здесь играет роль своего рода звукового фильтра и поглощает некоторые высокие тона).

4. На основе наших данных выяснилось, что энергия звуковых колебаний — интенсивность амплитуд, соответственно объему, форме и величине резонатора и его выходного отверстия на частотной шкале распределяется по определенному порядку.

Значительной интенсивностью звуковых колебаний характеризуются низкие частоты.

При звуке (i), характеризующемся широким глоточным резонатором (очагом низких частот), самые интенсивные частоты распространяются в пределах от 300 до 415 гц частот, амплитудой: у диктора Г. — 5—40 мм, у диктора А. — 5—25 мм.

Артикуляторный уклад при (ē) также отличается своим глоточным образованием. Однако глотка при (ē) в сравнении с (i) сужена

¹ См. нашу статью „Некоторые вопросы вокализма армянского языка“, „Известия“ АН Армянской ССР, 1957, № 7.

меньше, и это сказывается в том, что интенсивные звуковые колебания охватывают область, лежащую чуть выше в сравнении с (i), а именно: пределы от 536 до 666 гц, амплитудой у диктора Г. 2—40 мм.

При артикуляции (ə) большая энергия звуковых колебаний распространяется в пределах от 536 до 666 гц (изредка появляется на границе 806 гц), при этом амплитудные показатели равны у диктора Г. 5—35 мм, у диктора А. — 2—15 мм.

В акустической характеристике указанных выше нами трех звуков—(i), (ē), (ə) — высокочастотные составляющие играют более существенную роль, нежели в остальных звуках. Однако эти высокочастотные составляющие выделяются весьма слабо и поглощаются в глоточном резонаторе.

В группе звуков (a, o, u), в характеристике которых функция переднего резонатора проявляется больше, интенсивные области звуковых колебаний больше уплотняются на границах более высоких частот.

Это перемещение особенно наблюдается у звука (a). При артикуляции (a) максимальная энергия интенсивности звуковых колебаний распределяется следующим образом: у диктора Г. — 4—38 мм амплитудой, у диктора А. — 3—20 мм амплитудой на границах от 956 до 1119 гц. Однако в спектральной характеристике звуков (o) и, в частности, (u) мы не наблюдаем дальнейшего перемещения интенсивных областей по направлению к высоким частотам. При артикуляции (o) у диктора Г. амплитудой 4—40 мм, у диктора А. — 2—24 мм намечаются частоты в пределах 536 гц, значительно ниже, чем при (a) (хотя в отношении переднего резонатора они имеют много общего).

При артикуляции (o) интенсивная область появляется на более низких частотах — в пределах 300 гц, амплитудой у диктора Г. 1—40 мм, у диктора А. — 4—25 мм.

Мы предполагали, что на понижение интенсивности звуковых колебаний на более высоких частотах при звуках (o) и (u) повлияет их особое губное образование. Что касается гласного (a), то он занимает обособленную позицию среди всех звуков. Широкий передний резонатор и вместе с тем широкое выходное отверстие создают благоприятные условия для четкого выделения характерных для (a) высоких частот (от 956 до 1119 гц).

Итак, можно прийти к такому предположительному выводу, что по распределению энергии звукового напряжения армянские гласные по частотной шкале спектральных характеристик располагаются в следующем порядке, начиная от нижележащего (u, o), (a) и от (a) к (ə, ē, i).

Настоящее наше исследование, конечно, далеко не исчерпывает все те проблемы и вопросы, которые стоят перед армянским языкознанием в области экспериментальной фонетики. Оно является лишь попыткой начать исследование звукового состава армянского языка с новых позиций, путем лабораторно-экспериментального изучения.