



Приват-доцент 1-го Московского медицинского института  
д-р медицины Леонид Дмитриевич Работнов  
(1879 — 1934).

9216  
1949

Л. Д. Работнов

801-17  
2519

# О фонографической записи голоса певцов

(микроскопическое исследование)

Книга имеет:

Печатных листов	Выпуск	В переплетн. един. соедин. №№ вып.	Таблиц	Карт	Иллюстр.	Служебн. №	Наклад и исписка
4					1	88	71 1592

ОГИЗ  
Государственное  
музыкальное  
издательство  
1935



2015061030



35-26083

## От издательства

17 января 1934 г. на 55 году жизни умер Леонид Дмитриевич Работнов, в лице которого ото-ларингология, экспериментальная фонетика и вокальная педагогика потеряли выдающегося и неутомимого исследователя.

Публикуемое исследование Л. Д. Работнова «О микроскопическом исследовании фонографической записи голоса певцов» было сдано автором в Музгиз за несколько дней до его скоростыжной смерти и предназначалось им для включения во второе издание его книги «Основы физиологии и патологии голоса певцов» (Музгиз, 1932).

Выпуская посмертным изданием указанное исследование Л. Д. Работнова, издательство в виде приложения публикует отчет о выступлениях ряда научных работников, имевших место в Малом зале МГК на вечере 9 февраля, посвященном памяти покойного Л. Д. Работнова.

Данное исследование подготовлено к печати Д. Л. Аспелунд.

## Предисловие

Публикуемая работа была сдана автором для напечатания за несколько дней до его смерти. Я случайно был в это время в издательстве. Леонид Дмитриевич с обычной для него улыбкой говорит:

«Вот сдал в печать свою фонографическую работу. Меня иногда ругали за то, что я самим звуком не занимаюсь. Не так-то просто подойти к изучению певческого звука не только на слух, но и с объективным критерием. Вот кончил небольшую работу, предварительную по выводам, а сколько пришлось повозиться. Со стороны только кажется, что это просто».

В этих немногих словах Л. Д. Работнов отметил ту громадную, кропотливейшую работу, которую ему пришлось проделать в течение нескольких лет, чтобы подготовить небольшое исследование. Этой работой как бы завершается лишь прерванный смертью

цикл экспериментальных работ автора по исследованию голоса певцов, начатый в 1922 г. Завершается в том смысле, что автором охвачена акустическая и фонетическая сторона пения и она поставлена в связь с его прежними исследованиями по физиологии певческого голосообразования. Именно в этом смысле данная работа и приобретает большой научный и вокально-педагогический интерес.

Физиологическая концепция Л. Д. Работнова, касающаяся пения, очень оригинальна—это признано всеми, как в СССР, так и за рубежом; но мне представляется, что далеко не все учитывают глубину, а главное—перспективы основной мысли автора о преимущественной автоматичности фонации, и в частности—его гипотезы о роли гладкой мускулатуры трахео-бронхиального дерева в певческом голосообразовании.

Труды Л. Д. Работнова всегда отличались необычайной научной добросовестностью в смысле изучения литературы вопроса, тщательности эксперимента, детальности в обработке материала, лаконичности изложения и осторожности выводов. Публикуемое исследование дает лишний пример стиля работы Л. Д. Автор строил свою работу на микроскопическом исследовании бороздки записи на фонографическом валике. Применялось увеличение в 20 раз. В процессе анализа делались дополнительные манипуляции (соскабливания и пр.), зарисовки с увеличением микроскопической картины в 8—10 раз и т. д.

Для того, чтобы дать понятие о кропотливости исследования, я сделал такой (разумеется, приближенный) подсчет: при длине валика в 10 см и при соответствующей данной системе записи ширине бороздки общая длина спиральных витков записи приближается к 12 м. Какое же громадное время должно было быть затрачено на просмотр, анализ, рисунки и т. д., принимая во внимание, что Л. Д. Работновым было исследовано около 110 валиков, т. е. просмотрено через микроскоп около 1300 м фонографической бороздки.

Покойный экспериментатор оставил смелую обобщающую гипотезу, массу фактического материала, показал пример беззаветной преданности научному исследованию, исключительной научной и товарищеской скромности. Несомненно, что дальнейшее преодоление советской фонетикой ограниченности традиционных воззрений в вопросах вокальной педагогики, плодотворное движение вперед теории в союзе с практикой музыкальной школы во многом будет обязано безвременно скончавшемуся Л. Д. Работнову.

Д. Аспелунд

## О микроскопическом исследовании голоса певца

Изучение физиологии голоса певцов по методам экспериментальной фонетики производится по двум направлениям: во-первых, по линии разработки учения о двигательных процессах в области голосового аппарата, а во-вторых—с точки зрения исследования акустических свойств продукта деятельности мышц, участвующих в образовании голоса—звука человеческого голоса, т. е. момента, касающегося его высоты, тембра, силы и элементов членораздельной речи—гласных и согласных.

Первая задача осуществляется путем применения объективных методов исследования, главным образом при помощи графической записи движений, доступных изучению: органов дыхания, фонации, артикуляции и некоторых сопутствующих моментов, что подробно изложено в моей книге: «Основы физиологии и патологии голоса певцов», вышедшей в 1932 г. в издании Музгиза. Задача эта является одной из основных и важнейших, так как указанные свойства голоса теснейшим образом связаны с функциональной способностью голосовых органов. Здесь особо необходимо подчеркнуть взаимоотношение между механизмом, поддерживающим внутрибронхиальное давление воздуха на голосовые связки во время издавания звука, деятельностью мышц гортани и надставной трубы, т. е. между типом дыхания, тембром голоса и его высотой.

Вторая задача, касающаяся изучения тембровой окраски голоса, менее доступна объективному наблюдению, так как сливается с вопросами акустики и близко примыкает к психологическому моменту, к области процессов восприятия звуков ухом, и в настоящее время еще не существует точной методики, чтобы можно было с полной достоверностью зафиксировать и изобразить объективно все тембровые изменения в голосе. Между тем метод не субъективного исследования звука голоса мог бы дать в руки физиолога и педагога могучее орудие для оценки и наблюдения, и понятно поэтому, что с давних пор, лишь только представлялась возможность, делались попытки графической

записи колебательных движений воздуха при издавании звука, несмотря на то, что совершенно точных данных и нельзя было получить.

Все существующие методы объективного анализа звуков и шумов сводятся к возможности изображать сложные воздушные звуковые колебания графически, в форме кривой линии на бумаге, и основываются на свойстве чувствительных пластинок, или мембран — производить вынужденные колебания любой формы и любой частоты под влиянием резонанса. Если звуковые волны попадают на мембрану, то она приходит в колебательное состояние, которое в зависимости от чувствительности и других условий, связанных с физическими свойствами мембран, более или менее точно отражает в себе движения звуковых волн в издаваемом звуке. В записывающих приборах мембраны делаются из разных веществ — из слюды, стекла, пробки, металлов. При помощи разных способов регистрации колебания или сотрясения мембран оставляют след от своих движений, который может быть зафиксирован, и таким образом дают представление о характере сотрясения воздушных частиц соответствующего звука. В фонографе такой след остается в виде более или менее выраженной борозды с углублениями и расширениями, которые вычерчиваются на вращающемся полумягком валике; на граммофоне подобные же борозды вырисовываются на плоском диске. Движения пробковой мембраны осциллографа заснимаются фотографически при помощи маленького зеркальца, укрепленного на мембране и отражающего световой пучок от сильной лампы на быстро вращающуюся светочувствительную бумагу; очень большой чувствительностью обладает микрофон, применяемый в радиогромкоговорителе с катодными лампами. Колебания мембраны радиомикрофона при помощи особо сложных приборов также можно фотографировать и получать весьма точные графические изображения этих движений на фотобумаге и таким образом иметь точный профиль издаваемого звука.

Действие всех звукозаписывающих и звукопроизводящих приборов основано на так наз. «обратимом» свойстве мембраны, заключающегося в том, что если мембрану заставить производить те же движения, которые она сама получила от звуковых волн, то она воспроизведет тот же звук. При этом «обратимом» действии необходимо считаться с рядом моментов, которые могут исказить передаваемый звук; сюда относятся изменения в звуке от рупора, употребляемого для усиления звука, от недостаточной чувствительности мембраны, особенно при передаче высоких обертонов, от влияния резонанса самой мембраны при передаче звуков с периодом, близким к периоду собственных ее колебаний. Искажения в передаче звуков бывают тем больше, чем хуже условия для оставления следа от колеблющейся мембраны, поэтому в фоно-

графе эти условия более неблагоприятны, чем в граммофоне, так как в фонографе резец мембраны должен вертикально впиться в довольно плотную массу валика, между тем как в граммофоне записывающий штифт двигается горизонтально в сравнительно мягкой массе из воска. В современных граммофонах и особенно в радиомикрофонах, построенных на основании точного математического расчета, искажения звука почти совсем исчезли, или они столь незначительны, что ими можно пренебречь.

Несмотря на то, что фонограф дает искаженную передачу звука голоса и не воспроизводит всех тончайших тембровых оттенков, все же массовые записи певческого голоса представляют ценный материал, который может быть полезным при изучении физиологии голоса, если сосредоточить свое внимание не на акустическом эффекте, а обратиться к объективному анализу нарезки на валике фонографа при пении гласных на протяжении диапазона данного голоса.

Так как след на валике от колеблющейся мембраны остается очень мелким и не может изучаться невооруженным глазом, то для этой цели необходимо воспользоваться микроскопом. Увеличение в 20—30 раз дает очень наглядную картину отдельных участков нарезки и позволяет выявить на ней типичные и характерные формы, которые могут пролить свет на акустическую структуру записываемого звука. Этот простой и очень удобный способ наблюдения заставляет фиксировать внимание на таких деталях, которые вовсе не доступны для уха исследующего.

Ценность данного способа заключается в том, что здесь мы имеем дело не с графическим — линейным — изображением издаваемого звука, а с разного рода фигурами на поверхности валика, которые могут быть рассматриваемы в разных измерениях и различно истолковываться. Другое преимущество исследования при помощи фонографа заключается в том, что наблюдение можно вести от начала до конца издаваемого звука, так как нарезка продолжается, пока вращается валик и поется гласная, между тем как при фотографической записи с осциллографом и с радиомикрофоном фиксируются лишь отдельные участки, след, выхватываются частички звука, соответствующие долям секунды.

Для исследования фонографом и микроскопом не требуется никаких лабораторных приспособлений и приборов, поэтому этот способ доступен в домашней обстановке или в классе преподавателя. Большое значение далее имеет то обстоятельство, что изменения на нарезке можно сопровождать акустическим анализом при помощи слуха при воспроизведении звука и неоднократно.

В задачу данного исследования входило изучение не только типов нарезки при пении гласных, но также сопоставление этих

типов с функцией отдельных органов голосового аппарата, в особенности с типами механизма для поддержания внутрибронхиального давления при пении, с функцией голосовых связок, гортани и надставной трубы. Таким образом, при помощи фонографа изучалась функция всего голосового аппарата, подобно тому как при помощи графики изучались типы дыхательных движений; критерием для суждения о записываемом звуке являлся тип нарезки, который однако не представляется чем-то самостоятельным, а находится в теснейшем взаимоотношении с дыханием, фонацией и артикуляцией.

Запись на фонографе, как метод для изучения структуры звуковых волн, не получила широкого распространения и в настоящее время почти заброшена. В экспериментальной фонетике этому методу уделяется очень мало внимания, по крайней мере в литературе о применении фонографа к изучению голоса певца почти нет указаний. Однако вскоре после изобретения фонографа Эдиссоном (1878 г.) на него возлагались большие надежды, главным образом для изучения структуры гласных; известны старые работы в этом направлении Fleeming'a, A. Mayo'r'a, Fich'a, а позднее Scripture.

Впервые А. Мауог при помощи чувствительного рычага графически изобразил контур нарезки на валике: короткое колено рычага скользило по углублениям нарезки, длинное писало профиль углублений на вращающейся закопченной бумаге кимографа. Нертманн конструировал особую мембрану и репродуктор, при помощи которых графическая запись производилась одновременно с движением валика при напевании гласных. По тому же принципу работал Scripture (1904). Но все работавшие в этом направлении пришли к заключению, что данные записи фонографом слишком грубы и не годятся для точного анализа звуков, так как для получения графического профиля в движении участвует слишком большая масса, и кривые дают много ошибок. Во всех случаях этих исследований характер графики определялся глубиной ячеек нарезки. Nagel также пришел к заключению, что фонографической записью можно пользоваться лишь для исследования высоты тона. Воеке (1891 г.) пошел другим путем для изучения и анализа структуры гласных: он старался построить графику гласной на основании данных, полученных при измерении ширины ячеек нарезки на валике фонографа при наблюдении под микроскопом с окулярмикрометром; при этом прямого измерения глубины ячеек не требовалось, так как ширина и глубина каждого вдавления и углубления показывают те же отношения, как ордината к абсциссе эллипсиса, большая ось которого есть диаметр цилиндра реза мембраны, а малая — его радиус. Работа Воеке не дала почти никаких результатов и имеет лишь историческое значение.

В настоящее время фонограф применяется почти исключительно для этнографических записей, иногда им пользуются также вокалисты-практики для изучения собственного голоса; в этих случаях исследование ограничивается только выслушиванием передачи фонографа без применения научного критерия.

Выслушивание записей фонографа показывает, что звуки, петье разными певцами в одном и том же тоне, при передаче часто дают настолько большую разницу в тембре или настолько искажаются, что слышатся неоднородными. Это заставляет предполагать, что разница в окраске и объективно должна выражаться неодинаковой формой нарезки на валике. И действительно, при рассматривании таких нарезок в лупу уже бросаются в глаза многочисленные вариации внешнего их вида. Известно, что на фабриках производства фонографических записей певцов, эмпирически, первая оценка удачи записи техником делалась путем осмотра ее при помощи лупы.

Схема действия фонографа видна на рис. 1.

Мембрана или диафрагма из тонкого стекла помещается на дне мелкой металлической чашечки, верхнее отверстие которой соединяется с рупором посредством металлической же трубки; на нижней поверхности мембраны, в центре ее, находится штифт, укрепленный при помощи рычага; на свободном конце штифта вделан сапфир с острыми краями, который и производит нарезку на вращающемся валике. Вся эта система носит название записывающей капсулы. На рисунке видно, как при вращении валика сапфир штифта врезается в массу валика и в результате дает стружку и нарезку.

По тому же принципу построена и воспроизводящая звук капсула, с тою разницею, что здесь на сапфире штифта — не острые режущие края, а закругленная головка с тем же диаметром. Штифт легко прижимается к валику тяжестью мембраны, которая устроена так, что имеет на дне чашки свободные движения. Валик, приготовляемый из особого сплава воска, канифоли, шеллака и других веществ, надевается на цилиндр, который имеет не только вращательные движения, но и поступательное, перемещаясь вдоль оси. Таким образом штифт чертит на поверхности валика спиральную борозду. Вращается цилиндр посредством часового механизма или электрического мотора. Чем быстрее вращается валик, тем выше получается звук, так как расстояние между

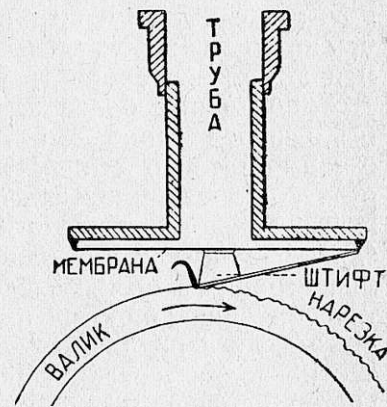


Рис. 1. Схема действия фонографа.



углублениями в борозде нарезки при воспроизведении звука проходит тупым сапфиром в более короткий срок, и период звуковой волны укорачивается; при замедлении вращения валика звук понижается.

## Методика

Для наблюдения служил фонограф Эдиссона (модель А 1907 г.) с большим металлическим рупором или бумажным раструбом 35 см в диаметре, подвешенном на длинном металлическом штативе. Благодаря висячему положению рупора, свободно двигающемуся наподобие маятника, вращение валика происходило беспрепятственно и всегда равномерно. Записывающая мембрана в металлической оправе была из тонкого стекла. Сапфир был круглый с острыми краями и имел диаметр около 0,54 мм. Валик черного или желтого цвета длиной 10 см имел диаметр 5,5 см и вращался со скоростью 0,5 сек. полного оборота вокруг оси. Для получения более заметной и резкой нарезки целесообразно было перед записью валик нагревать в воздушной ванне или в термостате до температуры 60—70° для размягчения массы. Нарезка, производимая сапфиром, при вращении валика без записи звука, представляет борозду шириной менее длины диаметра сапфира, так как последний впивался в массу валика на глубину менее радиуса его.<sup>1</sup> Вследствие перемещения валика по горизонтальной линии борозда имела винтообразную форму, а расстояние между серединами соседних борозд было около 0,25 мм, так что края двух соседних борозд близко подходили друг к другу. Под микроскопом вдоль борозды можно было наблюдать продольные, слабо заметные полосы — след не совсем ровных краев сапфира. (Увеличение микроскопа не должно быть более 20 раз во избежание расплывчатости рисунка на круглой поверхности валика).

При записи звука штифт мембраны приходит в колебательное состояние, в результате чего отмечаются на борозде более или менее резко выраженные углубления, или ячейки разных форм и величин. Ширина ячеек может быть больше ширины борозды, если резец впивается глубоко в тело валика, равной ей, уже ее, или ячейка совсем исчезает, если резец поднимается над поверхностью валика, как это наблюдается при сильных колебаниях мембраны во время записи форсированного голоса. Ясно, что ширина ячейки не может быть более диаметра сапфира. Так как обычно запись звука начинается после того, как уже валик вращается, то под микроскопом видно, как гладкая борозда сразу или постепенно меняет свою форму под влиянием скачущего штифта мембраны, превращаясь в ячейки.

<sup>1</sup> Полного. Ред.

Записанная на валике пропетая певцом фраза под микроскопом на первый взгляд представляется иероглифической загадкой, там как формы, величина, характер и выраженность сменяются в бесконечных вариациях. Только путем продолжительного изучения структуры основных элементов, входящих в состав напетого звука, удастся разобраться в этой сложной картине записи. Так, оказалось, что каждая гласная дает свою особенную картину нарезки, однако эта картина может сильно изменяться от многих условий при пении, в особенности в зависимости от высоты напеваемого звука. Изучение нарезок, соответствующих напеваемым гласным, показало, что порядок расположения ячеек для каждой гласной имеет определенную последовательность и повторяемость и что из ячеек составляются целые группы, которые в однородной комбинации следуют друг за другом; эти группы ячеек и составляют так называемые вокальные периоды, ибо число их как раз соответствует числу воздушных колебаний для данного тона: чем выше тон, тем больше число вокальных периодов на нарезке. Так, для тона С первой октавы с числом колебаний в секунду 128 — таких групп насчитывается тоже 128, и следовательно они занимают на валике борозду длиной почти в 2 оборота, принимая во внимание, что валик вращается со скоростью 2 оборота в секунду. При окружности валика в 180 мм длина каждого вокального периода будет равна приблизительно 3 мм. Следовательно под микроскопом с увеличением в 20 раз длина его будет казаться равной почти 6 см.

Очевидно, что каждая ячейка в вокальном периоде соответствует одному или нескольким обертонам, входящим в состав гласной, и что более сильный частичный тон запечатлевается и более глубокой ячейкой (рис. 2).

Рис. 2 дает схематическое изображение одного вокального периода для гласной А в тоне *la* малой октавы (217 колеб. в сек.). Здесь более резко выражены первая и третья сверху ячейки, остальные три не выходят за пределы борозды вследствие слабого звучания обертонов на этих местах нарезки. Почти в каждом вокальном периоде выступают определенные характерные для данной гласной ячейки более мощного объема — они являются основными и составляют, так сказать, скелет гласной. Присутствия этих основных ячеек достаточно, чтобы при воспроизведении звука на фонографе ясно слышалась гласная; действительно, если осторожно счистить все второстепенные ячейки острым ножиком, то гласная все же ясна, на что указывают также Негманн и Воеке в своих работах. Гласная не теряет даже своей характерности, если выражена только одна из основных ячеек. Это согласуется с наблюдениями Келлера, который нашел,



Рис. 2. Вокальный период из 5 ячеек для тона *la* малой октавы.

что все простые звуки, лишённые обертонов, сами по себе, уже имеют оттенки гласных; так, при звучании звука камертона с нагрузкой с числом колебаний 261 получается ощущение гласной У, при 552—О, при 1050—А, при 2095—Е, при 4200—И. Эти числа как-раз близко подходят к числам колебаний соответствующих формант гласных. Ржевкин также показал, что при пении гласных усиливаются частичные тоны определенной высоты (формант), в речи же форманты имеют расплывчатые границы, т. е. усиливается значительно число близлежащих частных тонов.

Во всех гласных наиболее резко выступает начальная или конечная ячейка вокального периода. При пении низких тонов все ячейки периода выражены настолько слабо, что их почти не отличишь от начальной борозды; обычно по мере повышения тона нарезка делается заметней, вместе с укорочением периода, с уменьшением количества ячеек и с изменением их формы. Нередко разница форм ячеек вокальных периодов для низких и высоких тонов столь значительна, что не удастся между ними подметить ничего общего, хотя гласные поются одним и тем же лицом. Однако у хорошо вытренированных певцов разница между высокими и низкими тонами выражается лишь только в укорочении длины вокального периода, между тем как характерные формы ячеек не претерпевают резких изменений.

Формы отдельных ячеек вокального периода представляют большое разнообразие: они то круглые, то овальные, то узкие, то широкие, то они принимают цилиндрическую форму или кажутся в виде наложенных друг на друга тонких дисков; в других случаях ячейки принимают самые причудливые формы и напоминают напр. бисквит, веретено, вазу, гриб, атлетические гири, песочные часы и пр. Иногда ячейки кажутся поперечно исчерченными и состоят как бы из отдельных члеников. Чем глубже ячейка, тем она кажется под микроскопом более темной, иногда даже черного цвета, или на ней отражаются световые блески и рефлексы. Светлые и темные места в ячейке распределены не равномерно, в зависимости от бокового освещения. Пока глаз не привык разбираться в микроскопической картине, более глубокие ячейки кажутся не вогнутыми, а выпуклыми; на этот обман зрения указывают и другие авторы. Если ячейки широки, то они на двух соседних нарезках могут заходить друг на друга; на передачу звука при репродукции это обстоятельство вредно не влияет, так как здесь большее значение имеет глубина ячейки, чем ее ширина. В общем форма ячеек зависит от рода гласной: так, самые длинные наблюдаются при гласной У, самые короткие при И, очень похожи друг на друга ячейки от гласных А и О; самые непостоянные при Е, но это бывает при пении низких и средних тонов, при высоких же и предельных тонах чаще всего бывают бесконечные изменения форм ячеек.

Расположение ячеек в вокальном периоде заслуживает внимания: на низких и средних тонах они обычно тесно примыкают друг к другу, так что одна ячейка переходит в другую без заметной границы, или отделена как бы перетяжкой, или же резко разграничена более темной световой окраской. Но нередко ячейки отделяются друг от друга узкими перешейками или полосками, сплошными или состоящими из маленьких члеников. В других же случаях, обычно на средних и высоких тонах, между соседними ячейками происходит полный разрыв, так что между ними остается гладкая поверхность валика без всяких следов от режущих краев сапфира,—ячейки теряют связь между собою вполне. Эти нетронутые места показывают, что резец мембраны на короткое время покидает поверхность валика и следовательно в этот момент висит в воздухе; ясно, что это может происходить при очень сильных колебаниях мембраны, что подтверждается тем обстоятельством, что соседние с пустым местом ячейки всегда представляются очень глубокими и резко выраженными. Кроме разрыва между ячейками внутри вокального периода часто наблюдаются разрывы между самими периодами; обычно это бывает на высоких нотах. Также встречаются внутренние и внешние разрывы одновременно. При репродукции нарезки с подобными перерывами звук голоса всегда является резко искаженным вследствие присоединяющегося треска, шума, свиста или совсем чуждых для голоса призвуков; эти шумовые явления делают звук при передаче фонографом не красивым, кричащим или вовсе неприемлемым для слуха.

Итак, каждая гласная характеризуется при записи на фонографе определенной формой вокального периода, длина которого свидетельствует о высоте напетого тона, ячейки же до некоторой степени отражают состав входящих в звук частных тонов и составляют так наз. частотный спектр для гласной. Несомненно, что в этом частотном спектре находится гораздо большее количество обертонов, чем отмечено на нарезке, так как слабые обертоны не запечатлеваются на валике. Таким образом частотный спектр дает лишь схему для той суммы обертонов, которые входят в состав гласной, а вокальный период, как он обрисовывается под микроскопом, служит приблизительным изображением характерных черт этой схемы и следовательно дает возможность для объективного суждения о тембре записанного звука, вовсе не охватывая во всей полноте вопроса о сложнейшей акустической структуре его.

Тембр всякого звука определяется: 1) гармоническими частичными тонами, 2) разностными комбинационными тонами, возникающими от взаимодействия частных тонов и в 3) шумами разного порядка или негармоническими тонами. Гармонические тоны являются основными, благодаря им звук становится музыкальным;

комбинационные тоны возникают в ухе как физиологическое явление, связанное со свойствами барабанной перепонки, следовательно они являются субъективными. Шум же сопровождает в большей или меньшей степени всякий звук; в музыкальном звуке он большею частью играет второстепенную роль и то в дозе до известного предела, после которого звук принимает неприятные для слуха оттенки. Частые смены форм ячеек и изменение внешнего вида вокальных периодов на коротком протяжении в долях секунды, как это наблюдается у большинства певцов, свидетельствует о неравномерной деятельности голосовых связок и о недостаточной точности механизма, поддерживающего внутрибронхиальное давление.

Исследованию подвергались 5 основных гласных в порядке А, Е, И, О, У, причем каждая гласная напевалась певцом на разных тонах в форме восходящей и нисходящей гаммы, арпеджий, или же гласная выдерживалась на одном тоне на разных высотах; так же произносились все 5 гласных последовательно одна за другой на одном дыхании. Так как низкие тоны вообще оставляют слабый отпечаток на валике, то пришлось все наблюдения проводить в пределах октавы для каждого голоса с таким расчетом, чтобы гласные были записаны в разных регистрах голоса, легких и трудных для исполнения. Так, тенора пели в пределах от  $la$  до  $la^1$ , баритоны — от  $fa$  до  $fa^1$ , басы — от  $mi$  до  $mi^1$ , женщины — на октаву выше. Так как близлежащие друг к другу тоны на нарезке обычно мало отличались между собой, то выяснилось, что для выявления характерных форм записи было достаточно у всех певцов подвергать изучению нарезку гласных, напетых лишь на трех тонах — низком, среднем и высоком, и таким образом выработался стандарт: у теноров все гласные наблюдались в тонах  $la$ ,  $fa^1$  и  $la^1$ , у баритонов — в  $fa$ ,  $do^1$  и  $fa^1$ , у басов — в  $mi$ ,  $do^1$ ,  $mi^1$ ; у женщин — в тех же тонах на октаву выше. Этот стандарт значительно облегчил условия наблюдений.

Порядок исследования для всех певцов был один и тот же: певец становился близко к фонографу, так что лицо его вдавалось в широкий раструб рупора возможно глубже. В зависимости от роста певца фонограф вместе с рупором приходилось поднимать или опускать с тем, чтобы звуковые волны изо рта поступали в рупор наиболее близким путем. При удалении певца от рупора нарезка и ячейки делались едва заметными и не годились для наблюдения. Тотчас после записи напетый звук воспроизводился и выслушивался, затем валик рассматривался под микроскопом.

Техника микроскопического исследования не сложна: от микроскопа Рейхерта отвинчивался столик вместе с осветителем и на его место подводился особо устроенный станок с устоями для гладко обточенного деревянного или бумажного вала, горизон-

тально расположенного и свободно вращающегося вокруг оси; на него надевался валик. Передвигая весь микроскоп вправо и влево, а валик вращая вокруг оси, легко можно было осматривать поверхность валика в любом направлении. Для освещения удобно пользоваться искусственным светом от 25-свечной лампы, лучи которой непосредственно падают на валик под острым углом; расстояние от лампы до валика — 30—40 см. Труба микроскопа не должна быть отвесна, а наклонена приблизительно под углом  $30^\circ$ . Рассеянный дневной свет также дает ясные тени в углублениях нарезки. Если дневной свет оказывался слишком ярким, приходилось его несколько затемнять при помощи бумажной ширмы белого цвета. Объектив малого увеличения — а Цейсса, окуляр — 2.

При рассматривании нарезки под микроскопом ориентировка велась на выявление вокального периода — формы его ячеек и длины. Длина вокального периода определяла высоту напетого тона. Зная высоту напетого тона, скорость вращения валика, его диаметр, а также окружность, можно было вычислить длину каждого вокального периода. Так, для указанного стандарта получены следующие цифры в мм для мужских голосов: для  $e$  — 2,22,  $f$  — 2,1,  $a$  — 1,66,  $c_1$  — 1,4,  $d_1$  — 1,25,  $e_1$  — 1,12, для  $f_1$  — 1,05 для  $a_1$  — 0,83; для женских голосов соответствующие цифры вдвое меньше, так что для  $a_2$  длина вокального периода равна 0,42 мм.

Для счета вокальных периодов в борозде нарезки очень удобно на валике провести две черты на расстоянии  $1\frac{1}{2}$  см друг от друга и по числу периодов в этом отрезке легко определить высоту тона; так для  $a$  в этом,  $1\frac{1}{2}$ -сантиметровом, отрезке укладывается 9,1 вокальных периодов, для  $a_1$  вдвое больше — 18,2, для  $a_2$  в женском голосе — 36,4 и т. д.

Изучение форм ячеек вокальных периодов требовало бы фотографического изображения их, но так как произвести снимок на круглом валике не представлялось возможным по техническим условиям, то пришлось с микроскопической картины периода делать зарисовки от руки тушью. Для наглядности рисунок увеличивался в 8—10 раз по сравнению с изображением, получаемым под микроскопом. Эта зарисовка имела ту выгоду, что позволяла рельефно выделить все наиболее характерное и оттенить те детали, которые делаются заметными только после длительной и кропотливой работы с микроскопом.

В тексте все рисунки представляют собой фотографические снимки с зарисованных тушью изображений вокальных периодов, уменьшенных в 8 раз. Черта слева указывает длину одного вокального периода. Приводятся наиболее типичные случаи записи.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> На фотографиях величина вокальных периодов как раз почти соответствует величине их, видимой под микроскопом.



Несмотря на то, что формы ячеек вокальных периодов мужских и женских голосов одни и те же, все же для удобства изучения описание их приводится отдельно. Кроме гласных изучались также и изображения согласных.

Исследованию подверглось более 100 певцов и певиц, преимущественно вполне законченных в смысле обработки и развития голоса. Работа эта велась в течение нескольких лет.

## Фонографические изображения гласных мужских голосов под микроскопом

### Гласная А

Массовые наблюдения показывают, что при пении этой гласной на низких тонах принятого нами стандарта (для тенора— $la^1$ , для баритона— $fa^1$ , и для баса— $mi^1$ ) форма вокальных периодов в большинстве случаев представляет довольно типичную картину, которая постоянно повторяется, хотя в ней и отмечаются те или иные вариации. Длина каждого периода соответственно высоте тона выражается в числах: 1,66 мм, 2,1 мм и 2,22 мм, а при увеличении в 20 раз кажущаяся длина будет для тенора 33,2 мм, баритона—42 мм, для баса—44,4 мм, поэтому, чтобы рассмотреть весь период, нужно передвигать валик вокруг его оси на несколько градусов. Число ячеек в каждом периоде—от 5 до 7, в зависимости от высоты тона, форма ячеек повторяется, причем наиболее характерно выступает первая основная, которая всегда большего размера, чем остальные, и всегда округлой формы; она тесно прилегает к соседней второй ячейке обычно продолговатой формы и меньшей ширины; часто заметно также выступает третья ячейка, она только немного по величине уступает первой основной, реже вместо третьей—увеличенная четвертая, которая, точно так же как и пятая, большей частью имеет продолговатую форму, сходную со второй (рис. 3)

Продолговатые ячейки всегда слабее выражены, чем округлые, и потому являются как бы второстепенными; часто между ними вовсе не очерчены границы, и две соседние продолговатые сливаются в одну длинную ячейку. Все ячейки периода на этом тоне гласной всегда близко примыкают друг к другу. Между отдельными периодами не бывает свободного промежутка; видно, как последняя ячейка одного периода прилегает к основной округлой ячейке следующего периода и т. д.

Из других вариаций ячеек периода следует обратить внимание на поперечную исчерченность основных или второстепенных ячеек; местами эта исчерченность настолько выражена, что ячейки совершенно рассекаются на обособленные членики мелкого калибра (рис. 4, 5).

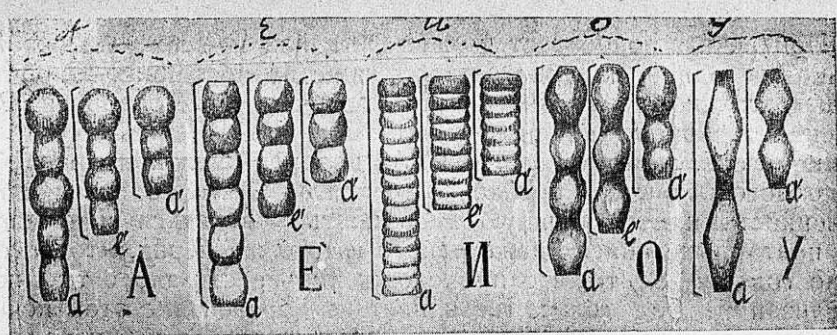


Рис. 3. Схематическое изображение нормальных вокальных периодов 5 основных гласных для тонов  $la^1$ ,  $mi^1$ ,  $la^1$ . Мужской голос (тенор). Характерная форма ячеек сохраняется на всех тонах. Высокие обертоны не выражены.

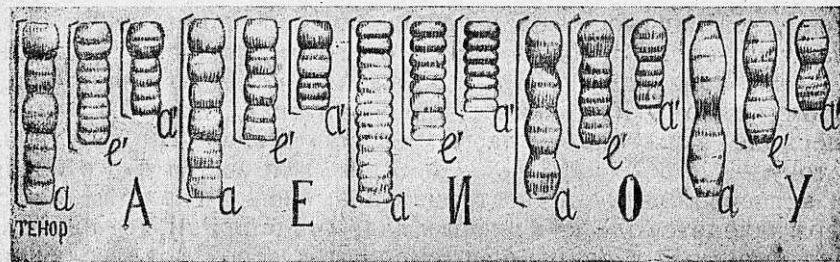


Рис. 4. Схематическое изображение нормальных вокальных периодов с поперечной полосатостью, пение 5 гласных в тонах  $la$ ,  $mi^1$ ,  $la^1$ . Ясно выражены высокие обертоны.

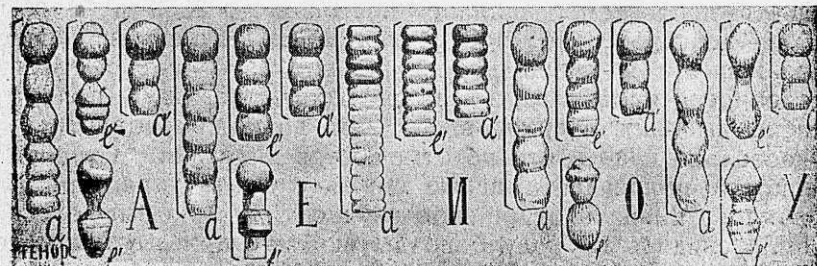


Рис. 5. Лирический тенор. Вокальные периоды гласных А, О, У с поперечной исчерченностью для низких и средних тонов. Ясно видно отдельные членики в вокальном периоде тона  $la$  гласной А. На высоких тонах ( $la^1$ ) вокальные периоды гласных А, О, У имеют почти одинаковую форму без поперечной полосатости.

Поперечная полосатость может быть или на всех ячейках или только на одной или нескольких, чаще на последних второстепенных, только редко она встречается на первой основной. Выраженность поперечной полосатости подвержена сильному колебанию, от едва заметной (только при повороте винта микроскопа) до полного разрыва в ячейке. Замечательно, что поперечная исчерченность имеет большую склонность появляться и исчезать при повторных записях даже одного и того же певца, что несомненно говорит за то, что происхождение ее связано с техникой вокализации. Род голоса не влияет на образование этой исчерченности, так как она имеется или отсутствует как у басов и баритонов, так и у теноров. Попытка того или иного певца дать звук с исчерченностью (если ее нет), обычно не увенчивается успехом, между тем как у других она выступает без всякого напряжения и усилия.

На рис. 3 изображен вокальный период, типично выражающий строение его для гласной А, напетой в тоне  $1a$  (217 колеб. в сек.), независимо от рода голоса, так как форма ячеек одинакова для тенора и баса. Здесь 5 ячеек, для тона  $1a^1$  их было бы 6, для тона  $mi^1$   $6\frac{1}{2}$  и т. д. Каждая ячейка отвечает определенному одному или нескольким обертонам; если бы длина их в периоде была одинакова, то каждая ячейка соответствовала бы тону —  $217 \times 5 = 1085$  колеб. в сек. или вокруг этого предела при неравных ячейках, в сторону повышения и понижения. Эти цифры находятся близко к цифрам, данным Stumpf'ом, который определил высотные границы обертонов для гласной А, колеблющиеся от 500 до 1500 колеб. в сек., куда входят тоны:  $1_2$ ,  $fis_2$ ,  $b_2$ ,  $d_3$ ,  $gis_3$ .

На рис. 4 вокальный период для того же тона напет с поперечной полосатостью; маленькие членики его соответствуют обертонам в 2000 и более колебаний в сек., что согласуется с изысканиями Trendelenburg'a, который нашел, что в певческом голосе звучность достигается наличием высоких до 3000 и более кол. в сек. И действительно, поперечная исчерченность наблюдается у выдающихся и очень натренированных голосов. Отсутствие исчерченности однако не может свидетельствовать о полном недостатке высоких обертонов, так как возможно допустить, что они настолько слабы, что не отмечаются на валике. Степень выраженности полосатости все же может служить характеристикой для данного певца в отношении звучности и яркости голоса.

Если следить по ходу борозды нарезки при легком поворачивании валика вокруг его оси от первых периодов до последних, т. е. в начале напеваемого звука и в конце его, то можно отметить, что форма ячеек периодов не изменяется на всем протяжении борозды у опытных певцов, в других же случаях бросается в глаза, что ячейки принимают другой вид, и менее отчетливо выступают отдельные периоды, так что их с трудом можно

рассмотреть. При репродукции этим изменениям соответствует нарушенная ясность произносимой гласной, а в звуке даже может слышаться дрожание, или вибрирование и тремолирование.

По мере повышения тона ячейки в периоде гласной А или остаются той же величины и формы или же они постепенно начинают видоизменяться, и на тонах  $mi_1$ — $fa_1$  для тенора и  $do_1$ — $re_1$ —баса и баритона эти изменения делаются настолько резкими, что от первоначальной формы часто не остается никакого следа. Понятно, что на этих высоких тонах периоды соответственно укорачиваются. Практики-певцы считают эти тоны трудными для исполнения в смысле сохранения однородности тембра по сравнению с более низкими тонами и в отличие от других называют их «переходными». Объективно при записи этому изменению тембра соответствует резкое выступание первой основной ячейки, которая углубляется и увеличивается в размере и кажется или более освещенной или, наоборот, затемненной; на рисунках (от 5 до 12) они представлены с темной и светлой тенями. Второстепенные ячейки также нередко делаются более заметными вследствие усиления обертонов, так что в некоторых случаях по своей выраженности они не уступают основным ячейкам (рис. 5 на  $f_1$ ).

Но бывают случаи, где усиление обертонов отражается лишь на первой основной ячейке, между тем как второстепенные очень малы и узки, так что связь между основной и второстепенной ячейками делается все менее тесной, и дело может дойти до полного разрыва; между ячейками делается перерыв (см. рис. 8). Подобное извращение формы ячеек указывает, что на этих тонах мембрана находится под действием иного состава обертонов, чем на более низких тонах,—таким образом скелет структуры гласной изменился: при репродукции слышатся посторонние шумы и призвуки.

Как бы ни были разнообразны изменения форм ячеек, массовое наблюдение показывает, что при нормальном голосообразовании общее характерное строение периода гласной А и на этих переходных тонах сохраняется, как было и на низких—следовательно тембр не изменяется. Это обстоятельство и позволило в схематическом рисунке (рис. 3 и 4) представить период из 4 ячеек, где первая основная ничем не отличается от рядом находящейся ячейки для низкого тона, несколько выдается третья, вторая же и четвертая второстепенные гораздо слабее выражены.

Поперечная полосатость отмечается и на этих тонах у вытенированных, звучных с металлическим оттенком голосов и, главным образом, на второстепенных ячейках, но она возможна и на первой основной. На рис. 4 указано изображение вокального периода для тона  $mi_1$  тенорового голоса с резко выраженной поперечной исчерченностью, которая характеризует однако не

гласную, а индивидуальный тембр с высокими обертонами, добываями своеобразной вокальной техникой данного певца.

Если на только что описанных тонах в фонографическом изображении структура гласной А имеет большую склонность терять свой первоначальный характер, то на еще более высоких нотах для тенора  $la_1$ , для баса и баритона  $mi_1-fa_1$  эта неустойчивость в строении ее выступает гораздо чаще. Только у очень вышколенных певцов остается типичная и для низких тонов очерченность ячеек вокального периода, как представлено на схематическом рисунке для тенора; у большинства же ячейки принимают самые причудливые и уродливые изменения, которые могут касаться как отдельных форм их, так и расположения их в системе периодов. Основным признаком этих искажений яв-

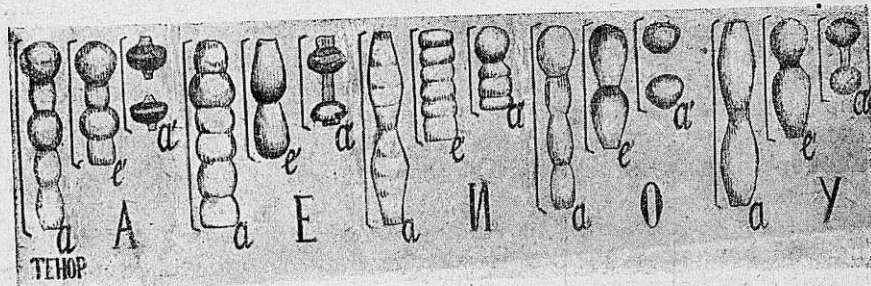


Рис. 6. Тенор, неучившийся пению. Вокальные периоды для тонов  $la$ ,  $mi$ ,  $la^1$ . На высоких тонах ( $la^1$ ) ярко выражены сильно углубленные ячейки, как основные, так и второстепенные, ячейки оторвались друг от друга или соединены узким перешейком (Е, У). Для низкого тона гласная И — форма вокального периода — похожа на период гласной У. Нигде нет поперечной полосатости.

ляется резкое углубление ячеек в вещество валика со значительным осложнением внешнего их вида вследствие чрезмерно сильных и разнообразных сотрясений записывающей мембраны. В связи с большой амплитудой колебаний мембраны, записывающий штифт выскакивает из борозды нарезки в какой-то момент, и на валике остается нетронутое место; таким образом в вокальном периоде оказывается перерыв, однако в некоторых случаях такой разрыв совершается не внезапно: между двумя соседними ячейками остаются перешейки или узкие мостики, а иногда ячейки получают отростки. Очень характерно для таких форсированных звуков, что основные и второстепенные ячейки отмечены с одинаково резкой интенсивностью, так что их нельзя отличить друг от друга, в связи с чем невозможно делается определить друг от друга, где кончается один вокальный период и начинается другой. Вследствие отсутствия границ между периодами при репродукции звук совершенно теряет характер гласной и звучит неопределенно (рис. 6).

Поперечная исчерченность на ячейках этих высоких тонов еще реже встречается, чем на средних или низких. Чаще ее приходится наблюдать у басов и баритонов, чем у теноров. Наличие ее всегда было у певцов с выдающейся тренировкой причем она отмечалась как на основных, так и на второстепенных ячейках.

Необходимо отметить, что у многих певцов форма и величина ячеек вокального периода для высоких тонов как теноров, так и басов и баритонов не остаются постоянными во все время держания звука, а подвержены большой изменчивости, так что редко можно было видеть однородную нарезку на протяжении 10—12 периодов, иногда уже между двумя соседними периодами приходилось видеть разницу; также удавалось установить, что длина периодов при пении одного звука на разных местах нарезки была не одинакова, что свидетельствовало о произвольном повышении или понижении тона. Наличие признаков нарушения высоты тона придавало голосу неравномерность звучания, изменение же очертаний ячеек говорило за неправильное образование обертонов.

По мнению Ржевкина, без этих неправильных пульсаций голос певца приобретает безжизненный характер; утверждение это однако подлежит сомнению, так как при записи чувствительными приборами в звуках, издаваемых музыкальными инструментами, подобной неперiodической изменчивости регистрирующей кривой не отмечается.

## Гласная Е

Отличительной чертой вокального периода этой гласной при массовом наблюдении записи низких тонов ( $mi$ ,  $fa$ ,  $la$ ) для всех родов мужского голоса являются почти постоянно повторяющиеся формы ячеек в виде квадратов с округленными краями (рис. 3). Число ячеек для тона  $la$  в 217 колеб. в сек. обычно 6, реже 7—8, для  $mi$  и  $fa$  — на одну или две больше. Характерно, что наиболее резко здесь выдаются по отчетливости первая и вторая ячейки, между тем как остальные второстепенные большей частью слабо выражены с небольшой глубиной в нарезке. Размеры ячеек обычно одной и той же величины, только в редких случаях форма их причудливо изменяется, и тогда ячейки кажутся то вытянутыми, то удлиненными, то истонченными, то углубленными. Чем яснее звучит при передаче на фонографе гласная, тем ближе форма вокального периода приближается к указанной на рис. 3. У некоторых певцов все ячейки периода — разной величины и формы, однако типичные очертания закругленного квадрата остаются и в этих случаях. Поперечная полосатость на этой гласной встречается реже, чем на гласной А, по крайней мере у теноров ее наблюдать почти не удавалось, или

она была очень слабо выражена, зато у басов и баритонов с металлическими сильными голосами можно было видеть не только исчерченность отдельных ячеек вокального периода, но целые перехваты на них, так что одна ячейка разделялась на два или три членика, ясно указывая на присутствие высоких обертонов. Эта исчерченность была или только на отдельных ячейках или на всех, не исключая основных (рис. 7).

Если ячейки периода равны между собой, то, значит, каждая ячейка соответствует обертону при пении тона  $1a \ 217 \times 6 = 1302$  колеб. в сек., при 7 или 8 ячейках—1519—1736, мелкие же членики соответствуют обертонам с числом колебаний до 3000 и более, как было и при гласной А. Эти числа близко подходят к данным Stumpf'a, по которому гласную Е характеризуют тоны с 800—3000 колеб. в сек. ( $gis^1$ ,  $c^2$ ,  $e^2$ ,  $gis^2$ ,  $b^3$ ,  $d^4$ ,  $fis^4$ ).

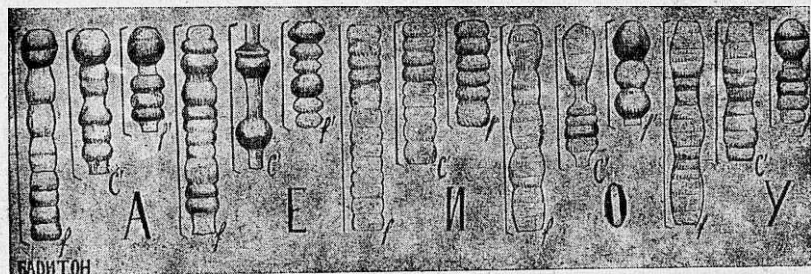


Рис. 7. Артист оперы. Вокальные периоды гласных А, Е, И, О, У почти на всех тонах имеют поперечную полосатость. Глубокие ячейки (форсировка) больше всего выражены на гласной Е в тонах  $c^4$ ,  $f^4$ . Сильный и звонкий голос, ясное произношение всех гласных.

Вместе с повышением тона структура гласной Е у большинства певцов начинает изменяться; ячейки принимают самую разнообразную форму и величину, и таким образом акустический скелет гласной совершенно теряется по сравнению с низкими тонами (рис. 8).

Только на некоторых местах нарезки наряду с уродливыми формами можно встретить типичные ячейки, которые наблюдаются также постоянно у очень вытренированных и выдающихся певцов. Это повторяющееся явление и дало возможность выработать схему рисунка для этих тонов (рис. 3). На рис. 5 у тенора мы видим в тоне  $mi_1$  4 равных между собой ячейки, причем все они обычно отчетливо выражены, благодаря значительной глубине нарезки. Здесь вокальный период при повышении тона изменился, следовательно, лишь в числе ячеек, а не в форме их. При числе колебаний в секунду 322,5 каждая ячейка соответствует тону в 1290 колеб.

Следует отметить, что гласная Е с повышением тона в своей структуре при записи на фонографе является самой неустойчивой по сравнению с другими гласными; ее ячейки подвержены бесконечным и самым неожиданным вариациям, так что лишь с трудом после продолжительных и упорных наблюдений над многими певцами удалось уловить ту форму вокального периода, которая свойственна всем, но редко воспроизводится певцами.

Неустойчивость рисунков периодов этой гласной особенно бросается в глаза, если, вращая валик вокруг оси, следить за длиной борозды нарезки: видно, как периоды меняют свою форму за счет состава ячеек; так, напр. на рис. 6 период для тона  $e^1$  состоит из двух длинных одинаковых ячеек, но он может превратиться через несколько периодов в другую форму, как указано на рисунках 10 или 12 и т. д.

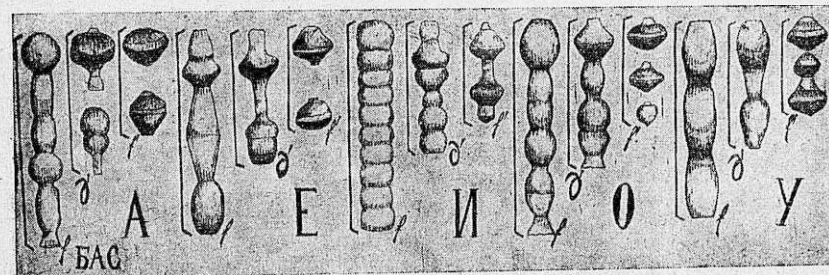


Рис. 8. Артист оперы. Средние и высокие тоны на всех гласных дают сильно углубленные ячейки, далеко отстоящие друг от друга (резко выраженная форсировка). Необычайные фигуры вокальных периодов гласной Е. Поперечная полосатость нигде не отмечается. Для гласной И очень крупные ячейки, скорее свойственные гласной Е.

Из наиболее часто встречающихся форм ячеек следует отметить их резкое углубление и склонность отделиться друг от друга, вследствие чего между ячейками образуются тонкие перешейки. Эти углубленные ячейки служат признаком форсированного звука голоса и при репродукции всегда сопровождаются резкими шумами, сильным выделением отдельных часто негармоничных обертонов, свистом и другими призвуками, отчего передача делается совершенно искаженной и совершенно неприемлемой для музыкального слуха. Форсировка при передаче этой гласной особенно заметна для слуха, если петь ее наряду с другими гласными, а также при пении со словами: получается впечатление, что при произношении этой гласной голосовой аппарат применяет специальное усиление для образования этих предательских призвуков. То же самое наблюдается у басов и баритонов при пении ими так наз. переходных тонов  $do_1$ ,  $ge_1$  и др.

Поперечная полосатость на этих тонах встречается чаще всего в необычном искаженном виде вместе с измельчением второстепенных ячеек. Как и при низких тонах, она была отмечена чаще у басов и баритонов, чем у теноров. Само собой разумеется, что в соответствии с хаотическим нагромождением и беспорядочным расположением ячеек в вокальном периоде по слуху совершенно нельзя определить род напеваемой гласной, ибо чистота гласной при произношении ее тесно связана со структурой вокального периода.

Еще более выявляется неустойчивость строения вокальных периодов гласной Е при пении высоких, предельных для голоса звуков. Здесь пестрота рисунков и частая смена их даже в двух-трех соседних периодах бывают настолько резко выражены и настолько свойственны большинству певцов, что путем

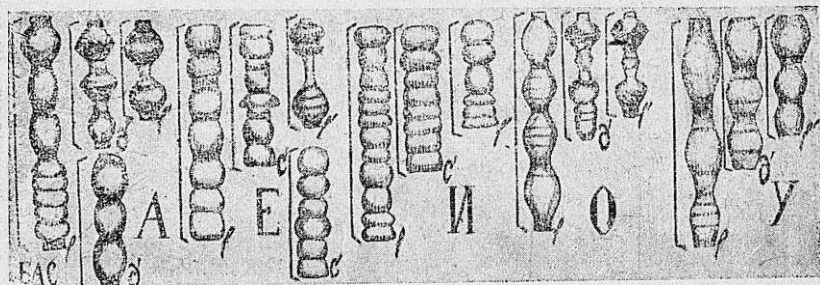


Рис. 9. Артист оперы. Ячейки имеют большую склонность к изменению своих форм. Форсировка на средних и высоких тонах: между ячейками узкие перешейки. Только гласная У свободна от форсировки.

сравнения записи нельзя было выявить образец для нормального строения вокального периода, и только отдельные случаи записи тренированных певцов показали, что и для высоких звуков форма ячеек вокального периода может оставаться такой же, как и для низких, лишь с уменьшением их числа. Так, для тенора (рис. 5) в вокальном периоде имеется 3 ячейки для звука  $la^1$ , для баса для звука  $mi^1$ —четыре и т. д., причем для промежуточных звуков могут быть неполные ячейки. Следовательно, и при высоких звуках в этих случаях входят те же обертоны, как и в низких (для  $la^1$  435 колеб. в сек.); каждая ячейка соответствует  $435 \times 3 = 1305$  колеб. в сек., при условии, если они равны между собой, при неравенстве же возможны широкие колебания их высоты, что в действительности и наблюдается у разных певцов.

Признаки форсировки на этих высоких звуках особенно часто выражены; они заключаются в очень сильном углублении ячеек, которые принимают самую разнообразную форму, длину

и ширину, в перерывах между ячейками в самом периоде или между периодами, так что место основной ячейки занимает одна из второстепенных; нередко укороченные и углубленные ячейки складываются по двое, отделяясь друг от друга пустым пространством или узким и длинным перешейком (рис. 9 и 10).

Ясно, что во всех этих случаях структура скелета гласной нарушается самым грубым образом, что особенно убедительно видно из того, что ячейки для гласной Е являются совершенно сходными с ячейками гласной А или какой-либо другой гласной, и при репродукции по слуху невозможно определить род гласной. Среди других признаков форсировки звука голоса необходимо отметить исчезновение границ между отдельными периодами вследствие полного единообразия более или менее искаженных ячеек или, наоборот, вследствие их разнообразия.

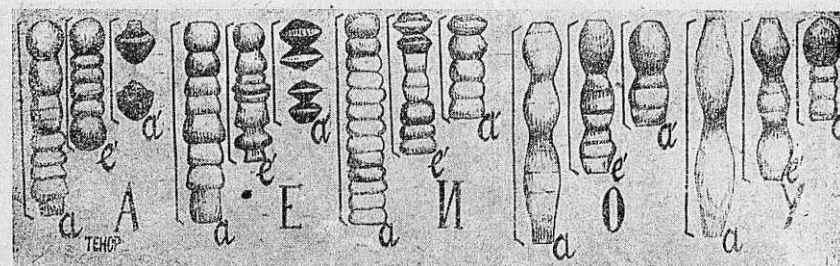


Рис. 10. Артист оперы — драматический тенор. Вокальные периоды для высоких тонов разорваны (А, Е), ячейки сильно углублены — форсировка. Поперечная полосатость отмечается почти на всех тонах, но часто совсем пропадает. Гласные О и У имеют одинаково длинные ячейки.

Поперечная полосатость на этих высоких тонах отмечалась также чаще у сильных басов и баритонов обычно на форсированных ячейках, отчего их очертания делались еще причудливее.

### Гласная И

Как известно, эта гласная характеризуется присутствием в ее акустической структуре высоких обертонов, вследствие чего искусственно воспроизвести ее почти не удастся (Гельмгольц). И действительно, внешний вид вокальных периодов ее резко отличается от предыдущих гласных наличием однородных мелких ячеек, которые под микроскопом представляются в виде ряда тонких дисков, наложенных друг на друга в виде столбиков монет. Но от этого типа постоянно встречаются отклонения, где ячейки представляются большего размера; обычно две соседние тонкие сливаются в одну толстую, или последние переме-

жаются с первыми. В других случаях форма ячеек приближается к форме для гласной Е. Наблюдение показывает, что ясно и отчетливо звучит гласная И, если ее период состоит из мелких члеников—ячеек.

Для звука *la* в первой октаве для мужского голоса число ячеек в периоде равно 14, для *mi*, *fa*—18—17—16 (рис. 3 и 11).

Хотя они равны между собой, однако не все одинаково ясно выражены, обычно отчетливее выдаются первые две, затем границы между ячейками делаются все менее и менее заметными, так что 13, 14, 15 и 16-я обрисовываются очень слабо. Иногда все ячейки настолько неясно выражены, что их трудно разобрать и сосчитать, а также различить начало и конец периода; часто приходится только мысленно предполагать о присутствии ячеек. Уже

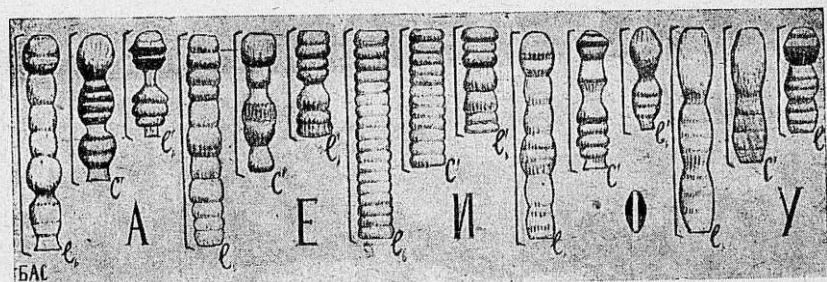


Рис. 11. Артист оперы, стаж — 20 лет. В вокальном периоде гласной И для тона *mi*, 18 мелких ячеек. Поперечная полосатость почти на всех гласных. Форсировка на средних и высоких тонах, особенно на А и Е.

при микроскопическом осмотре валика или с лупой видно, что нарезка от гласной И всегда слабее выдается по сравнению с другими гласными. Ширина ячеек также подвержена колебаниям; бывают они неравномерно узки или широки, иногда несколько ячеек так располагаются, что в общем составляют фигуру веретена, поперечно исчерченного; таких веретен для тона *la* входит два (рис. 6). Впрочем такие отклонения сравнительно редки и обычно бывают у мало вытренированных певцов.

Сравнивая величину ячеек периода этой гласной с другими, можно сказать, что они короче ячеек для периодов А и Е в два-три раза. Если бы они все были равны между собой, то каждая соответствовала бы обертону (в тоне *la*)  $217 \times 14 = 3038$  колеб. в сек., то же и для более низких тонов баса и баритона для *fa*  $170 \times 18 = 3060$  и т. д. Эти цифры подвержены широким колебаниям. По Stumpf'у, в гласную И входят обертоны от 2000 до 5000 колеб. в сек. ( $c^4$ ,  $e^4$ ,  $gis^4$ ,  $c^5$ ,  $e^5$ ). В связи с малой глубиной

ячеек, на валике нарезка кажется менее заметной по сравнению с другими гласными даже при самом громком пении, а при репродукции И звучит слабее. При повышении звука длина периодов укорачивается за счет уменьшения количества ячеек, причем последние или изменяют свою форму в длину, ширину и глубину, или остаются таким же, каким были на низких звуках У тренированных певцов с хорошей вокальной техникой на тонах *do*, *re*, *mi*, *fa* можно насчитать в периоде от 12 до 9 ячеек одинаковой величины и формы, при этом нельзя отличить, принадлежат ли они басу или тенору, ибо окраска голоса на нарезке неуловима. Несмотря на неизменность форм вообще, все же начало периода видно более отчетливо вследствие углубления нарезки. В большинстве же случаев приходится наблюдать резкие изменения в фигурах ячеек, которые свидетельствуют об элементах форси-

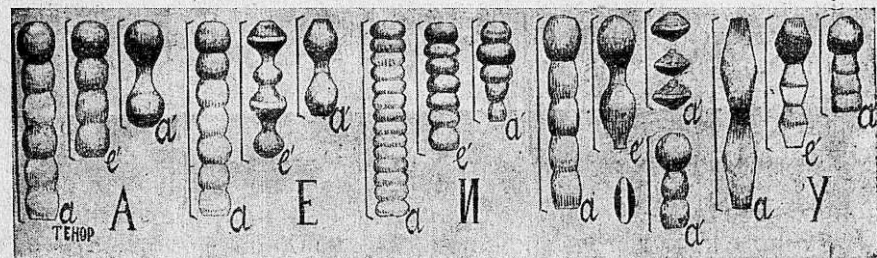


Рис. 12. Артист оперы — лирический тенор. На средних и высоких тонах резкое углубление ячеек, особенно на Е и О. В голосе почти нет высоких обертонов, слабая поперечная полосатость только от гласной У на средних и высоких тонах, где меньше и форсированных ячеек.

ровки напеваемого звука, которая однако никогда не выражается в разрыве целостности периода, как это бывает на этих же тонах на других гласных.

Разбухание ячеек (чаще первых двух в периоде) во все стороны — вот наиболее характерный признак форсировки (рис. 10, 12); это разбухание настолько увеличивает разрез ячеек, что их скорее можно принять по форме за принадлежащие гласной Е, чем И.

У кричащих форсированных голосов всегда ячейки большого размера, и при передаче слышится гласная А или Е. Поперечной полосатости на ячейках гласной и не отмечено.

На высоких звуках только у очень вытренированных певцов структура периода не теряет своего характерного вида, у большинства же ячейки разнообразно деформируются и делаются похожим чаще всего на ячейки, свойственные гласной Е, т. е. они удлиняются и несколько округляются. Число ячеек для зву-

ка  $la_1$ , как показано на схематических рисунках 3, 4, равно 7, при форсированном же пении число их может падать в зависимости от изменения длины каждой ячейки и дойти даже до двух. Полного разрыва как внутри периода, так и между ними видеть не удавалось, лишь у баса в одном случае между двумя резко углубленными ячейками имеется узкий перешеек (см. рис. 8). В соответствии с обычным искажением форм ячеек периодов при репродукции на высоких звуках почти никогда не слышится отчетливо называемая гласная.

### Гласная О

По звучанию она близко подходит к гласной А, но имеет в своей структуре более низкие обертоны, по Stumpf'у, с числом колебаний от 400 до 800 в сек. ( $gis^1$ ,  $c^2$ ,  $e^2$ ,  $gis^2$ ,  $b^2$ ), в связи с этим ее период имеет большего размера ячейки и, следовательно, меньшее их число. Так, для тона  $fa$  в первой октаве в периоде имеется 4 ячейки (рис. 3), для  $fa$ —5, для  $mi$ —6 и т. д. Этот тип вокального периода неизменно повторяется с большей или меньшей выраженностью у большинства певцов, о чем свидетельствует массовое наблюдение, и отчетливо характеризует гласную О. Если число ячеек для тона  $la$  увеличивается до 5, то в этом случае, при репродукции, гласная по звучанию скорее приближается к А. В отличие от гласной А при О ячейки под микроскопом кажутся удлиненными, яйцевидной формы, что особенно относится к первой основной, которая всегда выделяется по сравнению с другими второстепенными своей величиной, благодаря чему легко узнать начало каждого периода. Но это отличие от гласной А нередко столь незначительно, что период гласной О трудно отличить от периода А. Иногда две удлиненные соседние ячейки сливаются в одну общую, и тогда получается длинная ячейка веретенообразной формы, которая, как мы увидим далее, характерна для гласной У, что указывает на родственность происхождения этих двух гласных (рис. 10). Поперечная полосатость при гласной О часто появляется; чаще, чем при А, она отмечается как на основной, так и на второстепенных ячейках. То обстоятельство, что эта исчерченность бывает и на искаженных ячейках, говорит о том, что ясность звучания гласной О не всегда связана с наличием высоких обертонов, придающих звуку особую звонкость и металлическую окраску. В более высоком регистре, на так наз. «переходных» нотах, у многих певцов тип удлиненной ячейки удерживается в различных вариациях с числом от двух до четырех, но очень часто появляются все признаки форсированного звука: основная ячейка резко углубляется и расширяется, при отраженном свете кажется блестящей и выпуклой, между тем как второстепенные укорачиваются и истончаются, имея стремление вовсе исчезнуть и образовать

перерыв в периоде (рис. 9 и 7). У хорошо же вытренированных певцов характер нарезки совсем не меняется по сравнению с низкими звуками, лишь отчетливее отмечаются границы между периодами за счет выступления основных ячеек.

Поперечная полосатость на этих звуках встречается чаще, чем на других гласных, причем обычно она виднеется на второстепенных ячейках и даже на самых истонченных; в этих случаях гласная О звучит полно и звучно, напоминая закрытый звук музыкального инструмента. Если следить глазами по ходу борозды нарезки при поворачивании валика, то можно видеть, что и на этой гласной форма ячеек периода не является постоянной, так как спустя 10—15 периодов и больше они, по внешнему виду, делаются неузнаваемыми и вовсе непохожими на только что прошедшие перед глазами. Эта смена форм ячеек значительно отражается на ясности напеваемой гласной: вместо О может слышаться любая другая гласная.

На высоких предельных звуках эта гласная записывается очень разнообразно с сохранением типичной структуры или без; число ячеек—две или три. Удлиненная овальная форма остается как и на основных, так и на второстепенных ячейках; впрочем, последние большею частью представляются меньшего размера. При ясном произношении гласной на высоких тонах ( $la^1$ ) строение периода видно на рис. 3, который отличается от рисунка для гласной А в том же тоне лишь очертаниями основной ячейки. Если гласная поется форсированно, то ячейки теряют свою типичную форму и могут превратиться в любую разновидность с глубоким залеганием в веществе валика. В таких случаях между ячейками может оставаться пустое место вследствие сильного подпрыгивания резца мембраны. При репродукции происходит сильное искажение звука, свист, треск, появляются посторонние негармонические тоны и пр. То же наблюдается и на более низких звуках для баса и баритона ( $mi$ ,  $fa$ ). Такой форсированный звук никогда не оставляет у слушателя впечатления произносимой гласной.

Поперечная полосатость бывает хорошо выражена только при отсутствии признаков форсировки, повидимому исчерченность эта стирается и уничтожается на валике более сильно выступающими обертонами. Она чаще встречается на второстепенных ячейках. При передаче звук отличается полнотой, звучностью, певучестью, если структура не претерпевает грубых изменений.

### Гласная У

Она имеет наиболее низкие форманты, поэтому форма ячеек ее периодов длиннее, чем у других гласных. Для низких тонов  $mi$ ,  $fa$ ,  $la$  в первой октаве период состоит из двух или трех

ячеек веретенообразной формы, реже из четырех, и тогда эта гласная при репродукции скорее звучит как гласная О. По характерному виду периода гласную У легко отличить под микроскопом. Для тона  $la$  у тенора большею частью бывают две ячейки; если они равны между собой, каждая соответствует обертому  $217 \times 2 = 434$  кол. в сек. По Stumpf'у, обертоны, входящие в ее структуру, отвечают тонам от 300 до 600 колеб. в сек. ( $gis^1$ ,  $c^2$ ,  $1^2$ ).

Для тона  $mi$  или  $fa$  баса и баритона насчитывается три ячейки равной или неравной величины, причем последняя второстепенная часто короче других и слабо выражена на нарезке. Поперечная полосатость встречается чаще на второй и третьей ячейках, указывая на присутствие в этих случаях высоких обертонов с числом колебаний до 3000 колеб. в сек. и более, как это отмечалось на других гласных. Таким образом, в структуре этой гласной обнаруживаются и очень высокие обертоны наряду с низкими, придающие гласной полноту звучания и звонкость.

Для более высоких тонов  $do^1$ ,  $re^1$ ,  $mi^1$ ,  $fa^1$  число ячеек—от двух до трех, следовательно каждая ячейка уменьшается в размерах; лучше всего слышится гласная У, если ячейки сохраняют свою продолговатую форму, что не всегда наблюдается, так как вариации многочисленны. Признаки форсирования звука на этой гласной встречаются реже, чем на предыдущих. По крайней мере деформация ячеек с резким углублением не так бросается в глаза. Обычно изменения касаются первой ячейки, которая принимает округлую форму и делается похожей на ячейку для А или О, что отмечается и слухом при передаче. Поперечная полосатость очень часто ясно выражена и наблюдается как на основной, так и на второстепенных ячейках.

На высоких предельных для голоса звуках ( $mi^1$ ,  $fa^1$ —для баса и баритона,  $la^1$ —для тенора) хорошо без искажения слышится гласная У лишь в тех случаях, когда веретенообразная форма ячеек сохраняется, а укорочение периода происходит за счет укорочения каждой ячейки; обычно период состоит из двух ячеек (рис. 3, 4). Но такая форма их встречается редко. Если нет форсировки, чаще всего внешний вид периода бывает сходен с периодом для гласной О на том же звуке, или для А, где резко выражена первая ячейка при небольших и слабых двух или трех второстепенных, так что каждый вокальный период ясно различается. При форсированном звуке, что для этой гласной встречается реже, чем на других, наблюдается обычное искажение формы ячеек с очень глубокими вдавлениями и неправильными очертаниями; бывают также перерывы между ячейками и периодами; границы между периодами сглаживаются, так как главные и второстепенные ячейки однородны по своему виду; при вращении валика вокруг оси можно отметить, что формы ячеек неустойчивы

и меняются на протяжении окружности валика несколько раз, так что одинаковые формы повторяются спустя 10—15 периодов.

Поперечная полосатость наблюдается довольно часто, чаще чем на других гласных, и выражена как на основных, так и на второстепенных ячейках. Иногда (у очень сильных и звонких голосов) она так резко выступает, что образуется вместо длинных ячеек отдельные членики—диски, подобно тому как на гласной И (см. рис. 7).

## Фонографические изображения гласных женских голосов под микроскопом

Как уже было указано выше, ячейки вокального периода женских голосов независимо от рода голоса ничем не отличаются от ячеек мужских голосов: они той же длины и ширины и так же варьируют в своей многообразной форме. Разница выражается только в длине вокального периода: ввиду того, что женский голос на октаву выше мужского, длина женского вокального периода как-раз вдвое короче. Поэтому в низком регистре число колебаний в секунду для  $mi^1$  равняется 322, для  $fa^1$ —342, для  $la^1$ —435 колеб. Для удобства сравнения мужских и женских периодов на рисунках зарисовывались два женских периода, рядом лежащих, что и отмечено двумя вертикальными линиями слева у каждого рисунка. Сопрано испытывались на тонах  $la^1$ ,  $fa^2$ ,  $la^2$ , меццо-сопрано—на  $fa^1$ ,  $do^2$ ,  $re^2$ ,  $fa^2$ . Промежуточные звуки изучались попутно, их рисунки не давали ничего нового и характерного по сравнению с указанными тонами. В тексте приведены наиболее типичные рисунки.

### Гласная А

На тонах  $fa^1$  и  $la^1$  эта гласная дает типичную картину вокального периода, состоящего из 3 ячеек, (для  $la^1$ ) причем первая—основная—всегда выдается своей глубиной, часто шириной и имеет круглую форму, между тем как остальные две несколько уже и менее заметны, часто не имеют резкой границы между собой. Внешний вид этого периода совершенно сходен с периодом для  $la^1$  в мужском голосе, с тою лишь разницею, что эта форма периода у теноров наблюдается только при выдающейся тренировке и технике (рис. 13). То же можно сказать и относительно звука  $fa^1$  для меццо. Здесь в вокальном периоде—4 ячейки. Иногда кроме первой ячейки выступает яснее третья. Как и у сопрано, первая половина периода яснее выражена, чем вторая (рис. 15). При равенстве всех ячеек каждая соответствовала бы обертому, равному  $435 \times 3 = 1305$  колеб. в сек. При репродукции с таким строением периода гласная звучит очень ясно. Поперечной полосатости отмечено не было. Из отклонений от типа можно



указать на удлинение первой ячейки, отчего период делается похожим на период для гласной О или У. Также у сопрано иногда вместо 3 ячеек отмечается 4 (см. рис. 18).

Вместе с повышением звука укорачивается период как за счет уменьшения числа ячеек, так и изменения их формы. Так,

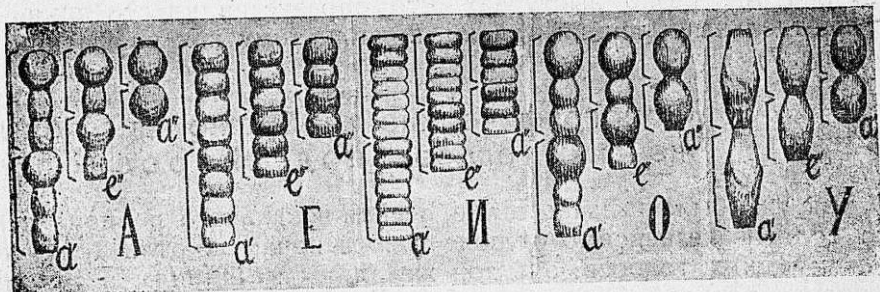


Рис. 13. Схематическое изображение вокальных периодов женского голоса (по 2 периода для каждого тона  $la^1$ ,  $mi^1$ ,  $la^2$ ). Однообразная форма ячеек сохраняется на в ех тонах. Длина периода укорачивается с повышением тона за счет уменьшения числа ячеек или укорочения их (У). Нет перерыва между периодами.

для звука  $fa^2$  сопрано в периоде уже 2 ячейки, которые могут сохранять первоначальную форму или же представлять разного рода отклонения, среди которых особенно характерно резкое углубление как основной, так и второстепенной ячеек. Это признаки форси-

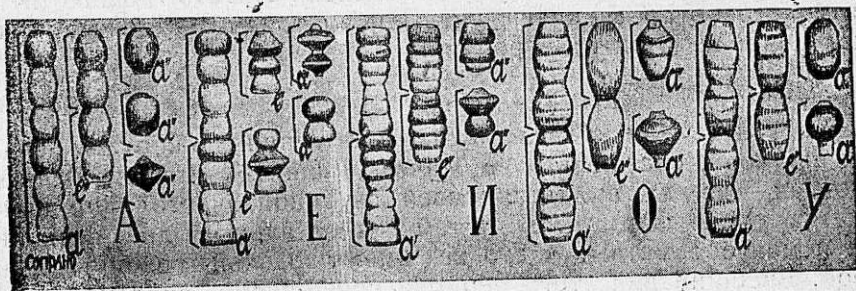


Рис. 14. Артистка оперы. Форма ячеек на высоких тонах не остается однообразной. Ясно выраженная поперечная полосатость только на гласных О и У. Форсированные ячейки встречаются только отдельными островами ( $la^2$ ). У звучит как О.

рованного звука, сильно влияющие на передачу в смысле искажения тембра и на ясность гласной. При форсированном звуке также характерен отрыв одного периода от другого, соседнего. У меццо для звука  $ge^2$  в периоде видны  $2\frac{1}{2}$  ячейки без резких углублений и без форсировки. Поперечная полосатость нигде не встречалась.

Для высоких звуков глубина и форма ячеек может совершенно не изменяться, в этих случаях у сопрано весь период состоит из одной ячейки, которая близко прилегает к соседним, так что нарезка идет без перерыва. Это наблюдается у очень ровных и звонких голосов у выдающихся певиц, у большинства же хотя подобные ячейки время от времени и наблюдаются, однако уже спустя несколько периодов они превращаются в самые разнообразные формы, которые можно видеть, вращая валик вокруг его оси; среди этих разновидностей особенно бросается в глаза резко углубленные со сложной конструкцией, свидетельствующие о форсированном звуке голоса; за форсировку говорит появление пустых промежутков между периодами, хотя бы основная ячейка и не была глубока. Следует отметить, что при самом форсированном пении начальные периоды (при начале издавания звука)

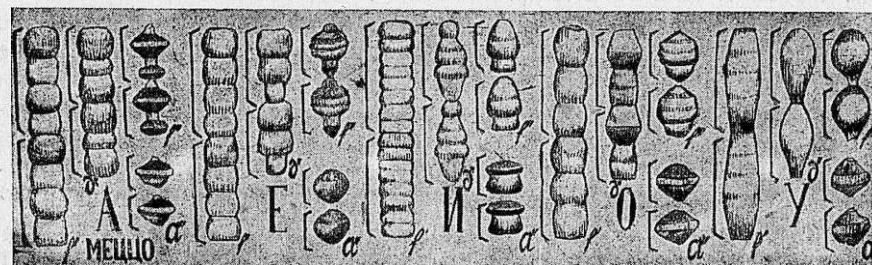


Рис. 15. Артистка оперы. Искажение форм ячеек при пении высоких звуков (А и Е). Форсировка резко выражена при взятии звука выше своего диапазона ( $la^2$ ) на всех гласных: разрыв периодов и углубленные ячейки. Поперечная полосатость только на гласной О и И и не всегда.

сохраняют тип ячеек, свойственных и низким звукам, но это продолжается короткое время в течение 5—6 периодов, чтобы затем превратиться в целую вереницу разновидностей. Само собой разумеется, что в этих случаях при передаче фонографом напеваемую гласную нельзя по слуху разобрать, а голос имеет визгливый, кричащий характер. У меццо в тоне  $fa^2$  обе ячейки — сильно углубленные, но перерыва между периодами нет; при взятии звука выше своего диапазона  $la^2$  получилась типичная форсировка (рис. 15). Поперечной полосатости на высоких звуках не отмечено.

### Гласная Е

В женском голосе на нижних звуках эта гласная почти у всех певиц дает однообразную по строению типичную картину вокального периода, состоящего из 4 ячеек (для звука  $la^1$ ) в форме квадрата с округленными краями, как и в мужских голосах.

Две первые ячейки вокального периода почти всегда более резко выражены, чем остальные; благодаря этому легко отличить начало и конец периода. Иногда ячейки не равны между собой не только по длине, но и по ширине. При равенстве каждая соответствует обертону в пределах  $435 \times 4 = 1740$  колеб. в сек. Не редко по внешнему виду период для Е трудно отличить от гласной А.

При повышении звука стройность и единообразие форм ячеек постепенно или сразу начинает теряться, что происходит или вследствие резкого выступления отдельных ячеек или только основных, или вследствие уменьшения числа ячеек и изменения их формы. Элементы форсировки часто встречаются, выражаясь в углублении ячеек и в появлении пустых мест, свидетельствующих о слишком больших размахах мембраны фонографа. У одной и той же певицы на нарезке можно наблюдать нередко целую гамму разных форм ячеек при выдерживании одного и того же звука. Таким образом можно сделать заключение, что на этом регистре состав обертонов для Е является очень неустойчивым, что не может не отразиться на ясности произношения. Отсюда разные оттенки этой гласной.

Еще заметнее изменчивость форм ячеек на высоких предельных звуках. Здесь только изредка проскакивают ячейки первоначальной формы, характерной для гласной Е. У большинства же не остается никаких намеков, и виднеются самые причудливые фигуры, свойственные и другим гласным; вот почему при репродукции гласная Е на высоких тонах никогда не звучит ясно и сопровождается самыми разными призвуками и шумами, совершенно искажающими тембр голоса. При нефорсированном пении для звука  $la^2$  отмечаются две ячейки в периоде, которые, не изменяясь, следуют друг за другом без всякого дерыва, причем первая ячейка резче выражена, чем вторая, так что легко сосчитать число периодов в определенном участке нарезки (см. рис. 13). Поперечная полосатость иногда хорошо видна даже и на форсированных ячейках. В этих случаях обычно ее можно найти и на других гласных.

### Гласная И

На низких тонах она дает вокальные периоды, состоящие из мелких ячеек числом от 6 до 8 для звуков  $fa^1$ ,  $la^1$ , причем обычно отчетливее выражены две первые, в то время как остальные часто едва заметны; в общем, как и в мужских голосах, под микроскопом периоды трудно различаются вследствие незначительной глубины нарезки. У большинства певиц ширина ячеек не одинакова; часто ячейки постепенно суживаются, потом расширяются, так что благодаря этому весь период получает форму веретена, и тогда он напоминает по внешнему виду период, свойственный гласной У с поперечной исчерченностью. Форма

периода, представленная на рис. 16, отмечается у хорошо вытравленных певиц как обычное явление, у других же случайно встречается вперемежку с целым рядом различных форм. При равенстве ячеек каждая отвечает обертону (для  $la^1$ )  $435 \times 8 = 3480$  колеб. в сек.

При повышении звука схема строения вокального периода может не претерпевать резких изменений или же, наоборот, представлять бесконечную гамму вариаций, среди которых выделяются овальные или круглые ячейки с числом от 1 до 5. Несмотря на резкое выступление отдельных ячеек, указывающее на форсировку, пустых пространств между периодами почти не отмечается; следовательно форсированные звуки на этих звуках редки. Веретенообразная форма периода сохраняется довольно часто. Повидимому для нормального строения периода для глас-

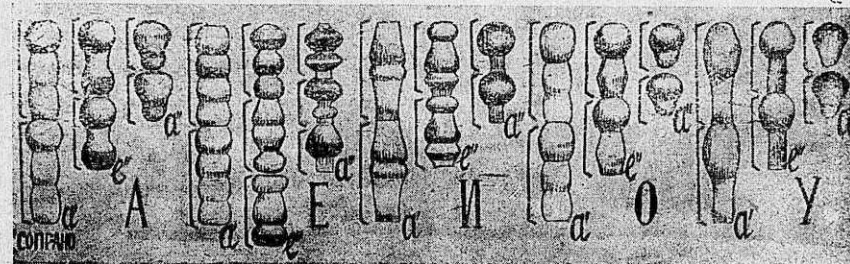


Рис. 16. Камерная артистка. Вокальные периоды гласной И ( $la^1$ ) не имеют типичного строения, тоже и на звуке  $la^2$ . Больше всего форсировка выражена на высоких тонах гласной Е. На средних и высоких тонах все гласные звучат неопределенно. Нигде нет поперечной полосатости.

ной И на звуке  $mi^2$  типично наличие 5 ячеек, наложенных друг на друга в виде дисков, причем начало периода отличается выступанием первых двух ячеек. Смена периодов и переход одних форм в другие, отмечаемые при вращении валика вокруг оси,— обычное явление.

Неустойчивость форм ячеек особенно бросается в глаза при рассматривании периодов, относящихся к высоким звукам  $fa^2$ ,  $la^2$ . Здесь только как исключение сохраняется принцип строения периода, свойственного и низким звукам. В таких случаях период состоит (для  $la^2$ ) из 3 ячеек, или дисков (см. рис. 13). Обычно же наблюдаются самые разнообразные ячейки самых причудливых очертаний, меняющихся на протяжении нарезки через каждые 5—6 периодов для новой разновидности. Очень часто по внешнему виду период ничем не отличается от периодов других гласных, в результате чего при репродукции на звучание гласной И нет и намека. Как и на других гласных фор-

сировка проявляется в сильном углублении отдельных ячеек и в отрывах периодов друг от друга с образованием пустых мест на нарезке, или с истончением ячеек до узких перешийков (рис. 17).

### Гласная О

Эта гласная имеет ячейки, очень похожие на ячейки гласной А, с той только разницей, что первая ячейка представляется более удлиненной, чем при А. Это отмечается у всех певиц. Типичный состав из 3 ячеек ( $la^2$  для сопрано), но бывает и из 2. Нередко две второстепенные ячейки сливаются в одну удлиненную и слабо выраженную, в то время как первая основная сильно очерчена. Между периодами нет разрывов. Поперечная полосатость отмечена несколько раз как на основных, так и на второстепенных ячейках.

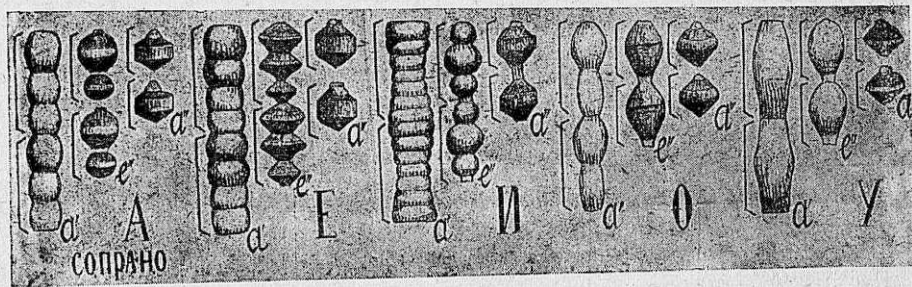


Рис. 17. Артистка оперы. Вокальные периоды в нижнем регистре хорошо выражены, по мере повышения звука структура их резко меняется; на звуке  $la^2$  вокальные периоды всех гласных почти одинаковой формы — при продукции нельзя по-слуху отличить одну гласную от другой. Форсировка начинается со средних звуков. Поперечная полосатость на верхних форсированных звуках.

Разные оттенки при репродукции — то в сторону А, то в сторону У. Это особенно отмечается на более высоких тонах, где ячейки часто удлиняются, иногда в значительной степени. Признаки форсировки проявляются не очень резко, редко наблюдаются отрывы периодов друг от друга.

Относительно предельных высоких звуков можно сказать почти то же самое, что и относительно гласной А. У хорошо вытравленных певиц вокальный период для звука  $la^2$  состоит из одной ячейки, и между двумя вокальными периодами нет перерыва, то же и у меццо для  $fa^2$ , лишь ячейки подлиннее. Если эти формы ячеек сохраняются во все время звучания напеваемого звука, гласная звучит отчетливо и ясно, при более громком пении ячейки делаются глубже и резче выражены.

Необходимо заметить, что при пении forte структура эта легко нарушается, и период превращается в форсированный со

всеми характерными признаками, т. е. с искажением ячеек и с появлением разрывов между периодами; во время репродукции произношение гласной делается неясным; ее трудно отличить по слуху от других гласных.

У многих певиц наблюдается непрерывная смена форм ячеек и внешнего вида периодов при повороте валика вокруг его оси уже на несколько градусов. Если одна ячейка для тона  $la^2$  сопрано входит в состав всего вокального периода, то она соответствует обертому  $870 \times 1 = 870$  колеб. в сек., т. е. лежит близко к тону, характеризующему эту гласную (по Stumpf'у около 800 колеб.). Таким образом, и теоретически гласная О должна звучать отчетливо в женском голосе. Ясное выступание поперечной полосатости на высоких тонах встречалось не часто и относилось к вышколенным певицам (см. рис. 14 и 15). Следует отметить, что при форсированном звуке поперечная полосатость затушевывается и почти всегда делается мало заметной.

### Гласная У

Характерная удлиненная фигура ячеек, соответствующая мужскому голосу, остается и здесь, с той разницей, что в состав вокального периода для звука  $la^2$  входит одна продолговатая ячейка, так что два вместе взятые периода вполне похожи на 1 мужской период. Граница между периодами выражена только отчетливостью каждой ячейки. Нередко однако бывает, что период состоит из двух ячеек, и в таком случае он может иметь большое сходство с периодом для гласной О, что можно отметить и по слуху. Для  $fa^1$  меццо также бывает две ячейки, но они несколько длиннее. Поперечная полосатость наблюдается там, где она отмечается и на гласной О, следовательно чаще, чем на других гласных. Число полосок — от 6 до 8, так что каждый членок соответствует обертому в пределах около 3000 колеб. в сек. Внезапное появление и исчезновение поперечной полосатости у одной и той же певицы свидетельствует о том, что это явление связано с техникой исполнения, а не со свойством структуры гласной. При повышении звука характерные очертания ячеек сохраняются, но они делаются несколько короче, при этом поперечная полосатость остается или исчезает. Форсировка здесь отмечается только в редких случаях и выражается в искажении типичных форм ячеек с переходом в периоды других гласных, а также в появлении разрывов между периодами. Отмечается и практиками пения, что так наз. переходные ноты легче удаются певицам именно на гласной У.

На высоких предельных тонах ( $la^2$  и  $fa^2$ ) в состав периода входит ячейка в половину меньшего размера по сравнению с нижней октавой, следовательно она должна быть продолговатой

формы. Период следует за периодом без всякого перерыва, близко примыкая друг к другу. Только в этих случаях при репродукции ясно звучит гласная У. У большинства же ячейки принимают самую разнообразную форму, которая не может считаться типичной ни для какой гласной, поэтому и звучит она неопределенно. Поперечной полосатости на высоких звуках отмечено не было.

### Пояснения и выводы

Бросая взгляд на микроскопические рисунки вокальных периодов мужских и женских голосов, можно сказать, что составные части их—ячейки и углубления—представляют большое разнообразие, несмотря на то, что все исследования велись на одном и том же фонографе, с одной стеклянной мембраной, а певцы и певицы выполняли одну и ту же программу при совершенно одинаковых условиях. Это явление можно было бы объяснить индивидуальными особенностями каждого голоса, но наблюдение на массовом материале показало, что дело заключается не в различии голосов и тембров, а вполне связано с определенными условиями вокальной техники, ибо возможность однородного рисунка фонографической записи устанавливается для всех родов голоса, изменение же форм ячеек у одного и того же певца может колебаться в широких пределах при применении им разных вокальных приемов. За это же говорит наличие типов вокальных периодов для каждой гласной на всем диапазоне голоса, которые неизменно повторяются в большей или меньшей степени и вполне совпадают у выдающихся певцов и\* на каждом шагу встречаются у большинства опытных и неопытных поющих.

Путем методических упражнений, правда, во многих случаях требующих большого терпения и усилия, удается как мужчинам, так и женщинам достигнуть такого совершенства техники, что вокальные периоды начинают получать тот внешний вид, который изображен схематично на рис. 4 и который, как уже было указано, неизменно отмечается у лучших певцов.

С особенной уверенностью здесь необходимо подчеркнуть, что, по мере приближения картины записи к этой схеме, голос певца приобретает все более и более певческие достоинства в смысле звучности, ровности, выносливости, певучести, развития тембра, возможности исполнения пиано и форте, ясности произношения гласных.

Как на убедительное доказательство, что схема может служить показателем успешности развития голоса, следует указать на то, что при исследовании фонографической записи голоса выдающихся итальянских певцов и певиц обнаружено полное совпадение рисунков вокальных периодов с приведенной выше

схемой. Микроскопическому изучению подверглось 10 старых валиков, напетых лет 40—50 тому назад, среди них тенор Кон-стантино, тенор Диппель, баритон Анкона, Вернард, сопрано М. Раппольд, Салья и др.

При рассмотрении нарезки на этих валиках ни в одном случае не было обнаружено ни признаков форсировки, ни разрыва вокальных периодов, ни резких и глубоких ячеек, ни пустых мест внутри периода. Поперечная полосатость была видна лишь в умеренной степени выраженности; она также заметнее у баритонов, что мы видели и у современных советских певцов.

Приводя имена этих выдающихся певцов своего времени, нужно заметить, что в оценке их голосов имеет значение не тот факт, что они пользовались успехом как артисты, а совпадение их записи с выводами, полученными из моих массовых наблюдений. Звуковые волны, исходящие из гортани этих певцов, производили сотрясения мембраны, сходные с звуковыми колебаниями некоторых певцов наших современников. Следовательно, необходимо допустить, что механизм голосообразования у тех и других в физиологическом отношении был один и тот же, так как о несходстве анатомического устройства голосового аппарата не может быть и речи.

Из сказанного ясно, какой большой интерес должен представлять вопрос о том, при каких физиологических условиях получается нарезка вокальных периодов указанного типа. С этой целью записываемые мною певцы подвергались тщательному изучению со стороны функции отдельных органов во время пения. Так как наиболее тесное взаимоотношение существует между механизмом, поддерживающим внутрибронхиальное давление и деятельностью голосовых связок, то самым важным являлся вопрос о механизме дыхательных движений во время издавания звука; вместе с тем изучалась связь внешней формы нарезки с условиями деятельности и других органов фонации и артикуляции.

Исследование дыхательных движений груди и живота производилось при помощи пнеймографов и ярма, подробно описанных в моей книге «Основы физиологии и патологии голоса певцов» (Музгиз, 1932). Оказалось, что признаки форсировки, выражающиеся в резком углублении и искажении ячеек вокальных периодов, в образовании пустых мест на нарезке и в постоянной смене форм ячеек на протяжении одной секунды через каждые несколько периодов, появляются в тех случаях, когда стенки живота и груди и область подложечки во время держания звука обнаруживают стремление спадаться, т. е. когда внутрибронхиальное воздушное давление поддерживается за счет участия произвольной мускулатуры туловища, следствием чего является ослабление тонического напряжения диафрагмы.

Другими словами, явление форсировки есть результат неравномерного и слишком большого воздушного давления в трахее и бронхах вследствие введения в действие излишних мышечных движений, как со стороны брюшного пресса, так и со стороны мышц грудной клетки. Чем меньше усилия применяет певец, тем меньше искажений ячеек вокальных периодов, поэтому на низких звуках у всех певцов и певиц почти всегда сохраняется типичная картина записи, и разница касается лишь тех или иных деталей; по мере же повышения звука—вместе с более энергичным смыканием голосовых связок—внутрибронхиальное давление автоматически поднимается, для чего в действие вступают новые силы. В зависимости от величины и происхождения этих новых сил до известного предела взаимодействие между голосовыми связками и внутрибронхиальным давлением грубо не нарушается, и звуковые волны не претерпевают резких изменений или изменяются в своей структуре постепенно и незаметно для слуха.

Но наконец дело доходит до такого момента, когда под напором воздушного давления голосовые связки меняют свой функциональный режим; и голос получает другую окраску. Такой критический момент и наступает при взятии певцом так наз. «переходных» тонов. К этому времени почти у всех певцов нарезка весьма заметно изменяет свой внешний вид, а форма вокальных периодов делается совершенно несхожей с типами только что пропетых более низких звуков. При дальнейшем повышении звука разлад между деятельностью голосовых связок и давлением в бронхах может продолжаться, и ячейки принимают все новые и новые формы, или же может наступить известное уравнивание действующих сил, вследствие чего и на нарезке начинают обрисовываться более правильные изображения вокальных периодов, иногда вперемежку с самыми причудливыми фигурами.

В связи с ясной выраженностью типичных форм вокальных периодов на низких звуках почти у всех певцов гласные звучат отчетливо, их уже труднее разбирать по мере приближения к «переходным» тонам и на высоких звуках (напр.  $la^2$  у сопрано и  $la^1$  тенора); в соответствии с формами ячеек слышится неопределенный звук без всякого намека на гласную, несмотря на то, что поющий всеми силами старается выговаривать каждую гласную. Как пример можно привести записи сопрано (рис. 17), где при пении последовательно одна за другой гласных (а, е, и, о, у), в тоне  $la^2$  все рисунки ячеек вокальных периодов почти одинаковой формы, между тем как октавой ниже вокальные периоды всех гласных очень типичны для женского голоса, что вполне совпадает со слуховым впечатлением. При исследовании дыхательных движений у этой певицы обнаружена слабая деятельность диафрагмы при пении высоких звуков в гаммах. Здесь,

кстати, можно упомянуть о психологическом наблюдении, что при пении гаммы, несмотря на искажение вокальных периодов, на верхних нотах как будто слышится напеваемая гласная,—оказывается, что название гласной остается как воспоминание от нижних звуков, так как при изолированном ее воспроизведении на фонографе понять гласную нельзя.

Механизм дыхательных движений у певцов, на всем диапазоне сохраняющих общий принцип строения вокальных периодов (рис. 4), организован своеобразно: здесь стенки груди и живота остаются неподвижными в большей или меньшей степени, а воздушное внутрибронхиальное давление поддерживается главным образом эластическими силами легких и тоническим напряжением диафрагмы. Гипотеза эта, высказанная мною на основании многочисленных экспериментальных изысканий, сводит все действующие силы для поддержания бронхиального давления во время держания звука к деятельности гладкой мускулатуры, заложенной в стенках больших и малых бронхов, и к участию в этом процессе тонуса диафрагмы; таким образом, вся произвольная мускулатура туловища играет лишь подсобную роль в качестве укрепляющего и поддерживающего аппарата.

Вся система гладкой мускулатуры бронхов и голосовые связки составляют одно целое и находятся в тесном взаимодействии, управляемом автоматически и рефлекторно. Так как гладкая мускулатура бронхов непосредственно не подчиняется волевым импульсам, то необходимо допустить, что напор воздушного давления со стороны трахеи регулируется деятельностью голосовых связок: чем больше они оказывают сопротивления давлению, тем последнее сильнее, поэтому оно поднимается выше при повышении звука в связи с более сильным смыканием голосовых связок. Само собой разумеется, что точная регуляция этих взаимоотношений может совершаться только при помощи автоматического воздействия.

Это предположение о значении гладкой мускулатуры бронхов в деле поддержания воздушного давления в трахее и бронхах чрезвычайно упрощает понимание механизма голосообразования у певцов и удовлетворительно объясняет происхождение многих недостатков голоса: так, явление форсировки, отмечаемое на фонографической записи рядом указанных выше признаков, находит объяснение в том, что в автоматическое взаимоотношение между давлением и связками вмешивается новая сила со стороны произвольной мускулатуры туловища (мышц груди и живота главным образом), вследствие чего на усиленное давление голосовые связки отвечают повышенной деятельностью, отчего резко выступают отдельные или многие обертоны; и действительно, явление форсировки прогрессирует по мере перехода голоса к более трудным для исполнения звукам, между тем как на низких и сред-

них звуках форсировка встречается гораздо реже или вовсе отсутствует.

Чем меньше нарушается автомат, тем спокойнее протекает голосообразование, тем яснее произносятся гласные, тем правильнее обрисовываются фигуры вокальных периодов для каждой гласной. Рис. 3 и 13 показывают изображение вокальных периодов гласных для мужского и женского голоса в случаях, где нет резкого нарушения автомата между давлением в бронхах и деятельностью голосовых связок, несмотря на повышение звуков; типичная картина внешней формы вокальных периодов отчетливо видна для каждой гласной. Подобную картину можно наблюдать довольно часто, особенно вперемежку с другими формами ячеек; она всегда свидетельствует о более или менее хорошей дикции на гласные звуки, но она является неудовлетворительной для певца, так как в ней отсутствуют указания на наличие высоких обертонов, столь необходимых для голоса артиста.

На рис. 4 поперечная полосатость и исчерченность ячеек при сохранении типичной формы вокальных периодов служит признаком присутствия этих высоких обертонов. Наблюдение с пневмографами и ярмом показало, что эта исчерченность появляется при высоком стоянии диафрагмы и хорошем ее тоническом натяжении. Так как такое состояние диафрагмы вообще с трудом удерживается большинством певцов, то поперечная полосатость является очень капризным признаком: она внезапно исчезает и снова появляется, причем слух, в особенности самого поющего, не всегда может служить надежным контролером. У некоторых певцов поперечная полосатость настолько резко выражена, что каждая ячейка распадается на отдельные звенья, это придает голосу слишком большую резкость и звонкость; повидимому, наиболее благоприятным признаком для певческого голоса является средняя выраженность исчерченности, как это отмечается у упомянутых выше итальянцев и у некоторых певцов моей записи. Достоинно внимания, что поперечная полосатость наблюдалась на тех гласных, на которых реже бывает форсировка, поэтому ее скорее можно было увидеть на гласных У и О и очень редко — на Е. У женщин она довольно редко встречается.

Беспрерывной сменой механизма, поддерживающего внутрибронхиальное давление, вследствие вмешательства со стороны поперечно полосатой произвольной мускулатуры в процессе голосообразования, легко объясняется тот часто наблюдаемый факт, что внешняя форма вокальных периодов на протяжении одной секунды претерпевает многообразные превращения, иногда очень существенные, так что между двумя периодами, отстоящими друг от друга на длину 4—5 периодов, не остается ничего общего. Здесь неравномерность воздушного давления в бронхах вследствие судорожного сокращения и беспрерывного подергивания произволь-

ной мускулатуры отражается на деятельности напряженных голосовых связок, в результате чего в звуковой волне происходят изменения, которые могут быть неуловимы для слуха, но резко отмечаются на искаженных ячейках вокального периода.

Подчиняясь громадной и грубой силе воздействия со стороны обширной области дыхательных мышц груди и живота, голосовые связки теряют свою руководящую роль в регулировании внутрибронхиального давления; вследствие их напряженного состояния голос приобретает резкий и бестембровый характер, так как под влиянием развития тормозящих моментов возникновение обертонов, особенно высоких, делается затруднительным; в результате правильное образование вокальных периодов нарушается.

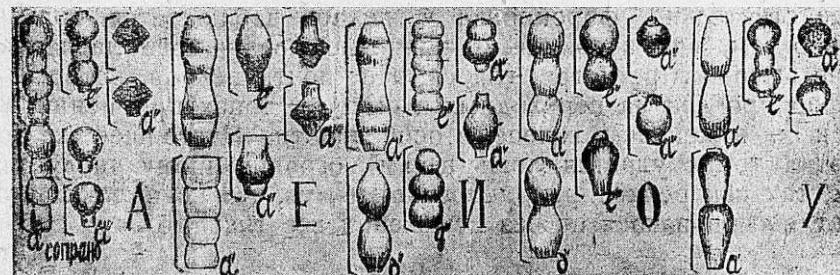


Рис. 18. Камерная артистка. Структура вокальных периодов резко отходит от схемы и постоянно меняется при выдерживании одного звука во всех регистрах. Все гласные звучат не ясно. Резко выражена форсировка на всех гласных в среднем и верхнем регистрах, особенно на А и Е. Высокие обертоны нигде не отмечены.

Эта изменчивость форм ячеек вокальных периодов обычно бывает спутником других признаков форсированного пения и всегда свидетельствует о неясном произношении гласных. Так как смена форм ячеек чаще наблюдается при пении высоких звуков, то на высокой тесситуре гласные у большинства певцов звучат невнятно; особенно это явление бывает у женских голосов, где характерная структура вокального периода для каждой гласной сохраняется редко на всем диапазоне; при короткой длине периодов у женских голосов частая смена форм ячеек, а следовательно и обертонов, приводит к хаотическому нагромождению всяких призвуков, затушевывающих для уха гласный звук.

Запись на фонографическом валике дает чрезвычайно наглядное объяснение двух очень важных явлений — пение forte и пение форсированным звуком. При forte структура вокальных периодов в основном не меняется, так как дело сводится лишь к более резкой обрисовке отдельных ячеек, которые делаются более глубокими; в особенности выступают основные начальные

для каждого периода, но также заметнее становятся и второстепенные. При форсированном же звуке состав вокального периода претерпевает настолько резкие изменения, что часто невозможно отделить один период от другого вследствие искажения форм отдельных или всех входящих в него ячеек. Это возникновение несвойственных данной гласной новых форм ячеек свидетельствует о появлении новых обертонов или усилении таких, которые обычно слабо выражены, в результате же в голосе получается перемена тембра, которая не имеет места при пении *forte*.

Таким образом, разница между этими двумя явлениями сводится к изменению механизма внутрибронхиального давления при форсировке, благодаря вступлению в действие излишних вспомогательных сил со стороны произвольной поперечно полосатой мускулатуры, главным образом мышц грудной клетки и живота. И действительно, форсировка у певцов наблюдается большею частью там, где необходимо поднятие воздушного давления в более высоком регистре голоса. Нет почти певцов, которые бы не форсировали на переходных и высоких тонах при пении всех гласных, в женском голосе в особенности. Настоящее же *forte* на этих тонах удается лишь весьма ограниченному числу поющих, так как редко приходилось отмечать, что на высоких нотах отчетливо произносятся без искажений все гласные.

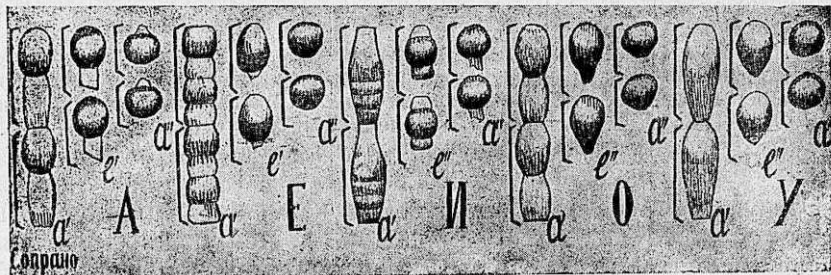


Рис. 19. Артистка оперы. На низких звуках ясная дикция для гласных. На средних же и высоких звуках периоды всех гласных почти одинаковой формы. Форсировка выражается в отрывах одного периода от другого. Поперечной исчерченности нигде не отмечено.

Поэтому-то у некоторых педагогов и сложилось мнение, что на высоких тонах вообще не могут ясно звучать все гласные, вследствие чего не возбраняется в пении заменять одну другой безнаказанно. В зависимости от выскакивания тех или других обертонов, часто и негармонических к данному звуку (тону), в голосах возникают разные оттенки, которые носят название горловых, носовых, сдавленных, напряженных и т. д. С функциональной точки зрения форсировка всегда сопровождается запа-

дением стенок груди и живота, свидетельствующим о превышении грудного давления над брюшным и о слабом тоническом напряжении диафрагмы.

Здесь, кстати, следует отметить уже раньше высказанное мною наблюдение, что форсированный звук можно предсказать заранее по внешним признакам производимого певцом вдоха: чем резче выражен грудной или брюшной тип вдоха, тем сильнее искажения вокальных периодов и ячеек, ибо при этих внешних движениях стенок груди и живота тонус диафрагмы не может быть выдержан. Таким образом, недостаточно дисциплинированный вдох всегда дает хаотическое нагромождение разных форм ячеек в периодах и вместе с этим—извращение тембра. Пение *forte* может быть осуществлено только при высоком стоянии диафрагмы, если объем вдыхаемого воздуха регулируется степенью автоматического расширения бронхиального дерева и не превышает количества входящего в бронхи воздуха при покойном вдохе, т. е. около 500 куб. см., в противном случае *forte* неизменно переходит в форсированный звук.

В связи с разнообразием условий для механизма внутрибронхиального давления меняются режим голосовых связок и деятельность надставной трубы, которые могут касаться движений губ, языка, мягкого нёба и пр., ибо все эти органы, входя в состав голосового аппарата, автоматически связаны между собою; вот почему изолированные упражнения и тренировка отдельных органов не могут принести пользы при развитии голоса.

Из сказанного видно, что несмотря на то, что фонографическая запись не может дать точных данных об акустической структуре напеваемых певцом гласных, все же на ней наглядно видны такие детали, которые не могут быть уловлены самым совершенным слухом, а главное—результаты исследования объективны и не могут быть оспариваемы. В этом смысле фонограф приобретает большое практическое значение.

При воспитании и развитии голоса певца самое необходимое—овладеть гласными, так как этого требует дикция и произношение, и выявить свой индивидуальный тембр; объективная запись на фонографе идет навстречу и в том и другом случае.

Гельмгольц и Мах, говоря об акустических качествах издаваемого звука, высказывают следующие положения: 1) звук, который, кроме основного тона, совсем не содержит обертонов, или если они очень слабы, кажется мягким, но глухим; 2) звуки с некоторым количеством высоких обертонов умеренной силы звучат полно и приятно; 3) если основной тон значительно сильнее обертонов, то звук полон, в противном же случае—пустой; 4) звуки, в которых нехватает обертонов, кратных октаве (двойных октав и т. д.), глухи и пусты, с носовым оттенком; в меньшей степени это проявляется, если нехватает звуков, не кратных

октаве (дуодецима и ее октавы); 5) пронзительный и резкий звук со многими высокими и сильными обертонами. Таким образом, тембр зависит от взаимоотношений основного тона и обертонов.

Мы видели, что запись на валике позволяет высказываться не только об этих свойствах звука, она дает нам основания и для суждения о природе и качествах гласных в пении. Массовые наблюдения показали, что при ясном произношении гласных на разных высотах вокальные периоды для каждой гласной сохраняют одинаковую структуру (скелет) как на низких, так и на высоких звуках; и что у хорошо вытренированных певцов и у знаменитых итальянцев формы ячеек совпадают по своему внешнему виду. Особенно большое значение имеет выявленная в процессе работы схема строения вокальных периодов (рис. 4), дающая указания на те пути, по которым нужно идти для развития голоса, ибо тембр певца и ясные гласные зависят от целого комплекса условий, среди которых механизм, поддерживающий внутрибронхиальное давление, играет одну из главнейших ролей.

Микроскоп показал, что недостаточно иметь голос от природы, нужно уметь владеть им в условиях артистического пения, и без соответствующей тренировки в определенном направлении невозможно добиться серьезных успехов в пении; далее, он подтвердил, что художественное пение возможно лишь на основе выполнения физиологических требований, ибо каждая погрешность против физиологии вредно отражается на качестве звука; следовательно, неверен существующий среди педагогов пения взгляд, что художественное исполнение у учащегося само собой выявит все имеющиеся качества его голоса.<sup>1</sup>

Микроскоп, а не ухо, показал, что большинство певцов в среднем и особенно в высоком регистре поют форсированным звуком и не могут дать чистое *forte*. В связи с этим наблюдением можно делать на основании микроскопических исследований предсказания о дальнейшем усовершенствовании певца, так как запись является как бы зеркалом, в котором отражаются усвоенные певцом физиологические приемы для образования голоса: как известно, от установившихся привычек, для большинства, отделаться почти невозможно.

Один из самых существенных недостатков в голосе певца — слабая выраженность или полное отсутствие высоких обертонов; без этих призвуков голос всегда кажется глухим и не ярким, бестембровым, как бы издали звучащим; несмотря на богатые природные данные, затушевывающие для неразвитого слуха этот недостаток, обладатель голоса не может рассчитывать на значительное усовершенствование, если при микроскопическом исследовании обнаруживается отсутствие поперечной исчерченности на

<sup>1</sup> Высказываемый здесь автором чисто физиологический взгляд на технику мы считаем неверным. *Ред.*

ячейках вокальных периодов, или если она появляется лишь случайно на некоторых отдельных тонах и не на всех гласных. Признак поперечной исчерченности на ячейках вокальных периодов должен занять особо важное место для диагноза и характеристики голоса певца, так как он встречается только у выдающихся вокалистов и у певцов, достигших в пении высокой степени техники; он не связан ни с индивидуальным тембром, ни с ясностью произношения гласных и придает голосу особые качества и преимущества, которые свойственны только артисту, прошедшему серьезную школу в развитии и воспитании своего голоса.

Как уже было указано выше, приобретение высоких обертонов находится в связи с умением овладеть тонусом диафрагмы и с возможностью освобождения от излишних произвольных движений в процессе поддержания внутрибронхиального давления во время издавания звука.

Зависимость между появлением поперечной исчерченности и движениями стенок груди и живота очень демонстративно можно наблюдать при опытах с записью дыхательных движений с помощью ярма и пневмографов. Лишь только начинает западать область подложечки или нижняя часть грудной клетки (признаки ослабления тонуса диафрагмы), ячейки вокальных периодов лишаются поперечной полосатости.

Для эксперимента удобнее всего петь арпеджио или гаммы вверх и вниз; у многих испытанных певцов при нарастании высоты звуков, подложечка остается неподвижной или даже слегка выпирает вперед, но вместе с понижением звука подложечка неудержимо втягивается: как-раз этому моменту соответствует исчезновение поперечной полосатости и ослабление звучности напеваемой гласной.

Таким образом, микроскопическое исследование нарезки на валике разрешает важный в воспитании и развитии голоса певца вопрос о механизме дыхательной функции во время издавания звука. К этому нужно прибавить, что эта проба на присутствие высоких обертонов в ячейках вокальных периодов очень чувствительна: малейшее ослабление тонуса диафрагмы совершенно исключает возможность сохранения поперечной исчерченности.

## Фонографическое изображение согласных под микроскопом

Если при пении гласных на валике фонографа отмечаются характерные фигуры ячеек и более или менее ясно обозначаются границы вокальных периодов, то совершенно другая картина получается при записи согласных звуков: нарезка во время произношения согласных представляет собой гладкий желобок с ровны-



ми краями без всяких указаний на колебательное состояние мембраны, так что создается впечатление, что голосообразование приостанавливается.

Однако, несмотря на отсутствие ясных следов при репродукции каждая согласная может быть слышна совершенно отчетливо; несомненно, что все же отпечаток в желобке остается, но он так слабо выражен, что и под микроскопом не виден. Согласные—шумы; по акустической структуре они состоят из негармонических друг к другу обертоков, которые в разной смеси дают разнообразные оттенки согласным. Данные, полученные Тренделенбургом и Штумпфом при помощи конденсаторного микрофона, указывают, что в состав согласных входят колебания очень высокого периода; так напр., согласная С имеет призвуки в 6 000—8 000 колеб. в сек., а менее звучные согласные как П—454 колеб. Эти призвуки настолько слабы, что могли быть обнаружены лишь при помощи очень чувствительного микрофона.

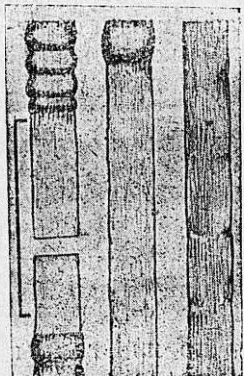


Рис. 20. Микроскопическое изображение согласных на резке валика. Внезапный переход вокального периода в гладкую борозду, соответствующую звучанию согласной.

Мы уже видели, что на фонографе и гласные, пропетые на низких тонах, не дают хорошо видимой нарезки, точно так же как тихие и слабые звуки более высоких тонов. Понятно поэтому, что при пении гласных с произношением согласных между ячейками, соответствующими вокальным периодам, на нарезке получаются пропуски. Если начать петь гласную и затем произнести согласную, то на валике видно, как ячейки гласной внезапно или постепенно исчезают, и нарезка превращается в желобок без всяких углублений разной длины, в зависимости от названия согласной; медленно вращая валик вокруг оси, можно заметить, как снова начинают очерчиваться в желобке ячейки и вновь ясно выступают вокальные периоды напеваемой гласной; таким образом, под микроскопом можно легко отличить начало и конец каждой согласной. При взрывных согласных обычно отмечается резкий переход гласной в согласную, т. е. ячейки довольно быстро делаются слабо видимыми и исчезают, однако бывает и более продолжительное схождение их на-нет; то же можно сказать и относительно конца пустого промежутка, который быстро или постепенно переходит в последующие ячейки. Большею частью все же бывает быстрое начало и более медленный конец.

У спирантов обычно переход от гласной к согласной постепенный, так что трудно бывает точно определить действительное начало согласного звука; это относится и к концу.

У звучащих соноров (Л и Р) отмечаются очень медленные начало и конец, и часто полного исчезновения ячеек не бывает вовсе. При М—резкое начало и постепенный конец. При Н конец и начало неясно выражены.

Исчезновение ячеек во время произношения согласной свидетельствует, что колебания голосовых связок останавливаются. Возможно, что в момент затвора в надставной трубе звуковые волны, отражаясь от препятствия, парализуют колебания связок; они останавливаются в своем движении на тем больший срок, чем продолжительнее затвор. Там же, где затвор бывает неполный (при Л и Р), ячейки остаются видимыми в большей или меньшей степени.

В задачу данного исследования входило измерение продолжительности звучания каждой согласной, для чего следовало только измерить длину пустого промежутка. Зная длину промежутка (а), скорость вращения валика вокруг оси ( $S=0,477$  сек.) и длину окружности валика ( $d=175$  мм), легко вычислить время для каждой согласной по формуле:

$$t = \frac{a \cdot s}{d}$$

## Методика

Под микроскопом измерялась длина борозды от момента прекращения формирования ячеек до момента их появления вновь, для чего мелом делалась на валике отметка в начале и в конце, и расстояние между ними отмечалось в мм. Исследование производилось при пении гласной А с произношением согласных алфавита. Для лучшей ориентировки на валике измерение делалось после названия 2—3 согласных. Для низкого регистра гласная пелась в тоне  $mi^1$ — $fa^1$  (смотря по роду голоса: для высокого— $mi^1$ ,  $fa^1$ , для женщин—на октаву выше. Оказалось, что независимо от рода голоса и напеваемого тона продолжительность звучания согласной выразилась в следующих средних цифрах:

	Б	В	Г	Д	Ж	З	К	Л	М	Н	П	Р	С	Т	Ф	Х	Ш	Щ	Ч	Ц
Для низких звуков																				
Мп...	75	95	80	83	85	82	84	80	112	113	73	65	116	76	124	90	123	170	100	13
Сек...	0,2	0,26	0,22	0,22	0,23	0,22	0,23	0,22	0,31	0,31	0,2	0,19	0,32	0,2	0,35	0,26	0,34	0,48	0,28	0,31
Для высоких звуков																				
Мп...	70	90	85	70	70	80	80	70	90	110	70	50	110	90	95	85	112	150	95	100
Сек...	0,2	0,25	0,23	0,2	0,2	0,22	0,22	0,2	0,25	0,31	0,2	0,15	0,3	0,25	0,26	0,23	0,31	0,4	0,26	0,28

Из таблицы видно, что больше всего времени уходит на произношение согласных Н, С, Ш, Щ, всего короче звучит Р (0,15 сек.). На высоких звуках согласные длятся несколько короче, чем на низких. Также они короче при пении в словах и фразах, чем в алфавите. На произношение сразу нескольких согласных тратится значительно больше времени, но все же меньше, чем сумма всех входящих в состав сложного слога. Так, для слога а-ст-а длина пустого промежутка равна приблизительно 140 мм, между тем как на С, Т в отдельности ушло бы 186 мм; для слогов а-мств-а сумма равнялась бы около 400 мм, между тем длина борозды равна около 300 мм и т. д.

Наблюдение показывает, что между ясностью звучания согласной и длиной пустого промежутка, т. е. затраченным на ее произношение временем, существует строгая закономерность: если пустой промежуток короток, согласная всегда не имеет точного звукового очертания, отчего произносимое слово с коротко длящимися согласными при репродукции на фонографе слышится не отчетливо, часто с трудом улавливается, удлинение же промежутка дает обратные результаты. Следует однако сказать, что для каждой согласной есть определенный предел, за который продолжительность ее ясного звучания не переходит. Из таблицы видно, что предел этот колеблется около приведенных цифр.

Ясность звучания согласной значительно понижается, если в ее промежутке вовсе не исчезают ячейки вокальных периодов от произносимой перед ней гласной, что наблюдается нередко у некоторых певцов, т. е. если беззвучная по природе согласная делается сонором, подобно Л и Р.

Таким образом, согласная почти выпадает, если во время ее произношения колебания голосовых связок не останавливаются; как показали наблюдения, подобное явление происходит при недостаточном плотном затворе в надставной трубе при артикуляции согласных, что обычно бывает от сильного напряжения всех голосовых мышц при форсированном пении, поэтому согласные плохо звучат при пении на высоком регистре. Интересно отметить, что если пение начинается со слова, где первый звук — согласная, то она часто звучит неотчетливо, а при рассмотривании под микроскопом на отпечатке ее видны ячейки.

Согласные неясно слышатся, если предшествующие им гласные произносятся недостаточно отчетливо, в особенности, если они поются форсированно. Повидимому это явление связано с тем обстоятельством, что в форсированном звуке всегда присутствуют посторонние, часто негармонические обертоны, которые придают звуку шумовые оттенки; шум согласной, смешиваясь с этими призвуками, исключает возможность ясного звучания ее. Поэтому понятно, что на высоком или среднем регистре, где

форсировка бывает особенно часто, так трудно разбирать слова у большинства певцов и певиц не только с дальнего расстояния, но и вблизи. Наоборот, согласные хорошо разбираются слухом, если предшествующие и сопутствующие вокальные периоды точно соответствуют их типичному акустическому строению.

Мы видели, что ясность произношения гласных находится в тесной зависимости между тонусом диафрагмы, деятельностью гладкой мускулатуры бронхов и режимом голосовых связок; отсюда вытекает, что отчетливое произношение согласных также связано с этими моментами голосообразования; у женских голосов дикция всегда хуже, чем у мужчин, так как в более коротком вокальном периоде меньше характерных для гласной акустических элементов, и они чаще подвержены искажениям.

Итак, одним из условий ясного произношения согласных является чистота и звучность гласных.

Данные, добытые при помощи микроскопического исследования фонографической записи голоса певцов, позволяют высказать следующие основные положения:

1. Метод микроскопического исследования нарезки валика фонографа должен войти в число объективных методов экспериментальной фонетики.

2. Сравнительное изучение записи на массовом материале, состоящем из выдающихся и хорошо вытрезивших певцов, дает возможность установить нормальный тип нарезки, общий для всех голосов мужских и женских.

3. Установление нормального (оптимального) типа строения вокального периода имеет большое практическое значение, так как он является объективным критерием для суждения о голосе испытуемого певца.

4. Нормальный тип вокальных периодов образуется только при определенных условиях деятельности органов голосового аппарата. Среди этих условий на первом месте должен быть поставлен механизм для поддержания внутрибронхиального давления (изолированная деятельность гладкой мускулатуры и тонус диафрагмы).

5. Смена типов дыхательных движений при пении всегда сопровождается бесконечной вариацией изменений форм отдельных ячеек вокальных периодов.

6. Каждая гласная характеризуется особым, свойственным только ей, строением вокальных периодов и только при этом условии при передаче на фонографе она звучит ясно, независимо от высоты напеваемого тона.

7. Микроскопическое исследование отчетливо показывает, что в голосе певца должны быть налицо два условия независимо от индивидуальных особенностей каждого голоса: 1) ясное произношение гласных и 2) «высокость» звука; первое зависит

от нормального строения вокального периода, второе—от присутствия высоких обертонов (поперечная исчерченность на ячейках); и то и другое связано с определенной техникой вокализации, может быть добыто путем тренировки и отсутствует у большинства певцов.

8. Искажение звука голоса при передаче на фонографе зависит от возникновения в голосе негармонических обертонов (шумов) или усиления случайных обертонов, что особенно резко проявляется при форсировке. В связи с этими явлениями тембр голоса делается неустойчивым и теряет свое акустическое качество.

9. В связи с более короткими вокальными периодами у женских голосов дикция как на гласных, так и на согласных менее ясная, чем у мужских.

10. Фонограф не может служить для точного анализа акустического строения гласных и дает только ориентировочные данные.

## Литература

- 1) Воеке J. D. Mikroskopische Phonogrammstudien. Pflüger Arch. f. Physiologie Bd 50 217 (1891).
- 2) Он же » » Bd 76, стр. 497.
- 3) Hermann. Phonophotographischen Untersuchungen. Pflüger Arch. f. Physiol. Bd 61, S. 191.
- 4) Он же. Über das Verhalten der Vokale am neuen Edisonschen Phonographen. Pflüger Arch. f. Physiol. Bd 47 (1889).
- 5) Gutzmann H. Physiologie der Stimme und Sprache, 1928, 107.
- 6) Panconcelli Calzia G. Die Verwendung phonotoglyphischen Apparate in der Wissenschaft. Monatsch. d. Sprachheilkunde. Bd. 20 (1910) S. 229.
- 7) Он же. Die Verwendung des Phonographen und Grammophons in der experimentellen Phonetik. III Internat. Laryngo-Rhinologen-Kongress, 1911.
- 8) Работнов. Л. Основы физиологии голоса певцов. 1932.
- 9) Рабинович А. В. Краткий курс музыкальной акустики.
- 10) Ржевкин С. Н. Слух и речь в свете современных физических исследований, 1928.
- 11) Trendelenburg F. Akustik, 1927, стр. 455.
- 12) Stumpf C. Die Sprachlaute (experimentell-phonetische Untersuchungen), 1926.
- 13) Wolf. Sprache und Ohr, 1871, 71.

## Приложение

### Краткая биография и главные медицинские работы Л. Работнова

17 января 1934 г. на 55-м году жизни, после септико-пиемии неизвестного происхождения, продолжавшейся 3 дня, скончался старший ассистент клиники болезней уха, носа и горла I Московского медицинского института Леонид Димитриевич Работнов.

Уроженец г. Ярославля, сын служащего, он в 1898 г. окончил ярославскую гимназию и в том же году поступил на медицинский факультет Московского университета. По окончании последнего 2 года работал земским врачом в Судогодском уезде Владимирской губернии. Осенью 1906 г. поступил в клинику, где последовательно прошел должности ординатора, ассистента и старшего ассистента, проработав в общем 28 лет.

В 1908 г. был командирован на средства клиники за границу, где изучал специальность в клиниках Берлина и Вены.

В 1916 г. защитил диссертацию на степень доктора медицины, в 1920 г. был избран приват-доцентом. С 1921 по 1927 г. был ординатором, а в 1933—34 г.— заведующим отделением для лечения стенозов гортани Лечебно-протезного института Мосгорздраводства.

Л. Д. состоял членом правления Российского отолярингологического общества, библиотекарем Московского отделения общества, членом ГИМНа и членом Берлинского об-ва по изучению физиологии голоса.

Вся деятельность Л. Д. протекала в стенах старейшей Московской ото-ларингологической клиники, сначала под руководством профессора С. Ф. Фон-Штейна, а затем профессора А. Ф. Иванова, с которым его связывали узы длительной дружбы и взаимного понимания.

Научные работы Л. Д. Работнова распадаются на две группы: а) работы по ото-ларингологии и б) по физиологии и патологии голоса.

Уже через год после начала работы в клинике Л. Д. опубликовал труд под названием: «Статистика внутричерепных ослож-

нений ушного происхождения по данным русских авторов», где впервые была собрана статистика, опубликованная в русской литературе. Собранные данные до сего времени не потеряли своего значения.

В 1910 г. Л. Д. выступил с работой о субмукозном лечении хронического ринита по способу Linhart'a, где доказывал преимущественное значение этого метода в смысле сохранения слизистой, с которой тогда расправлялись очень сурово, удаляя ее очень широко. Л. Д. были разработаны показания к этой операции и собран значительный клинический материал.

Основной работой Л. Д. явилась его диссертация: «Экспериментальное исследование кровообращения, питания и секреции слизистой оболочки носа в связи с клиническими наблюдениями». После подробного описания иннервации слизистой носа человека и собаки и обзора литературы Л. Д. сообщает результаты своих многочисленных опытов, разделенных им на 6 групп. С помощью усовершенствованной методики, позволявшей ему отдельно записывать изменения, происходившие в каждой половине носа, он пришел к следующим выводам: 1) обе половины носа обладают отдельной иннервацией, 2) сосуды носа снабжены самостоятельным нервным аппаратом, заведующим изменением их просвета, 3) нервы, расширяющие сосуды носа, идут из лицевого нерва через крылонёбный узел, 4) решетчатые нервы содержат только чувствительные волокна, а не сосудодвигательные, 5) в крылонёбном узле находятся самостоятельные центры сосудорасширителей и секреторных нервов слизистой носа, 6) набухание кавернозной ткани носа может происходить как в зависимости от притока артериальной крови, так и при венозном застое, 7) крылонёбный узел имеет существенное значение в процессе образования слизи и питания слизистой оболочки. Трофическое его влияние незначительно. Кровенаполнение и набухание слизистой не всегда сопровождается обильным выделением секрета, 8) различные кровоостанавливающие средства, применяемые в медицине при остановке носового кровотечения, неодинаково действуют на сосуды носа. Так, адреналин, кокаин и хлористый кальций суживают сосуды носа, амил-нитрит и *hydrastis canadensis* расширяет, питуитрин не оказывает никакого влияния. Необходимо различать артериальные и венозные кровотечения и стараться применять средства, понижающие кровяное давление. Две последние главы (7 и 8) напечатаны с некоторыми изменениями в виде отдельных статей. Ценность выводов работы Л. Д. несомненна, и в настоящее время его указания вошли во все учебники.

В работе «О скуловых абсцессах ушного происхождения» Л. Д. собрал 16 собственных наблюдений этой редкой формы мастоидита. Аналогичные измерения на 133 височных костях позволили ему установить тип кости, наиболее подверженной этого

рода осложнениям. Этот труд является и по сие время основным по вопросу о «зигоматите».

Педагогический опыт Л. Д. суммирован им в коллективной работе. «Краткое руководство по болезням носа, горла и уха» проф. А. Ф. Иванова, К. А. Орлеанского и Л. Д. Работнова. Здесь Л. Д. написаны главы заболеваний носа и гортани. Этот учебник принят большинством медресе СССР и за два года разошелся уже в двух изданиях.

Кроме перечисленных монографических работ, Л. Д. опубликованы два клинических сообщения о редких случаях в области носа и гортани и целый ряд статей в Большой медицинской энциклопедии.

Общая научная продукция Л. Д.— 68,3 печатных листа, или 1300 страниц.

Л. Д. за долгое время своей деятельности воспитал поколения врачей, и некоторые из них занимают кафедры по нашей специальности. Он умел ясно и понятно излагать основы отоларингологии и вызывать интерес к изучению этой специальности.

Л. Д. был блестящим диагностом и хирургом, производившим с успехом все самые трудные операции нашей специальности. Он пользовался уважением и доверием большого количества больных, обращавшихся к его помощи. Он был прекрасным товарищем и охотно делился своими знаниями со всеми, кто к нему обращался. Особенно много он консультировал по библиографическим вопросам, так как хорошо знал литературу и долгие годы был библиотекарем клиники и общества. В то же время Л. Д. был очень скромным человеком, чуждым всякой аффектации и желания выставить себя напоказ. Он неохотно и редко выступал публично, но если он это делал, то доклады его всегда сопровождался большим успехом. Он принимал деятельное участие в общественной жизни клиники, возглавлял производственный сектор, боролся за улучшение качества работы, почему и носил почетное звание ударника.

Л. Д. умер в расцвете сил, полный планов своей дальнейшей научной и практической работы. Оставленные им идеи и методы живы, и задача наша, чтя его память, продолжать его работу с тем же трудолюбием и настойчивостью, каким он отличался во время всей своей жизни.

Доцент I ММИ И. Ципкин

## Работы по физиологии и патологии голоса Л. Д. Работнова

Основоположником фонетико-акустического отделения при ушной клинике 1-го МГУ следует считать покойного Ф. Ф. Штейна, который, устраивая клинику на средства богатой меценатки, скупил всю фонетико-акустическую аппаратуру, которая в то время нашлась в Европе, и устроил превосходную лабораторию экспериментальной фонетики и акустики.

Приглашенный в качестве ассистента клиники, П. П. Лазарев начал свою работу по акустике в этой лаборатории и потом развил свою научную деятельность в области акустики в основном им физическом институте и в Академии наук.

В последние 10—12 лет Л. Д. Работнов вдохнул жизнь в ее фонетическое отделение. Прежде чем заняться экспериментальной фонетикой, Л. Д. долго работал в области клинической отоларингологии. Его многочисленные труды в этой области показывают, какой из него выработался деятельный и опытный клиницист. Но запросы жизни, работа в ГИМНе, возникающая потребность в клинике компетентного фониатра заставили Л. Д. заняться изучением звукообразования, тем более, что под руками была богатая аппаратура. И вот в 1922 г. появилась первая статья Л. Д. «К вопросу об образовании голоса у певцов». В этой работе, используя большой исследовательский материал, он впервые говорит об «утечке» воздуха, как причине расстройства голосовой функции. Мне самому пришлось оказаться в числе исследуемых субъектов и с удовольствием узнать, что у меня «утечки» нет. Явления «утечки», т. е. неполное смыкание при фонации голосовой щели, когда часть воздуха из трахеи утекает через отверстие в виде струи, Работнов наблюдал у плохо тренированных в отношении голосовой функции людей. У них, по его утверждению, она возникает вследствие чрезмерного напряжения дыхательных мышц и перегруженности воздухом системы бронхов.

Утечка оказывает вредное влияние на голосообразование, так как вызывает излишнюю трату воздуха и в связи с этим

способствует возникновению добавочных компенсаторных движений, как со стороны дыхательных мышц, так и мышц гортани и надставной трубы. Работнов указывает, что у всех млекопитающих утечка воздуха происходит при фонации постоянно, так как на внутренней поверхности черпала они имеют вырезку. У лошади и свиньи отверстие между черпалами пропускает палец. Поэтому, говорит Работнов, ни лошадь, ни свинья, ни другие млекопитающие, кроме человека, петь не могут, в их голосе есть всегда неприятные оттенки от возникающих в голосовой щели шумов. У человека, пишет он, утечка резко выражена, если во время держания тона сильно спадается грудная клетка, а также при слабом участии диафрагмы, и при недостаточной или чрезмерно выраженной деятельности брюшного пресса.

За этой первой работой последовал ряд других работ.

В статье «О функции мягкого нёба при пении» Работнов указывает, что деятельность мягкого нёба тесно связана с дыхательными движениями, особенно с диафрагмой, и во время фонации не поддается волевому контролю. Если внутри бронхиальное давление поддерживается спадающейся грудной клеткой, мягкое нёбо имеет стремление опуститься, при усиленном же тоне диафрагмы оно поднимается. Работнов отрицает роль мягкого нёба в окраске голоса, считая, что на изменения тембра голоса влияет только изменение давления в бронхах. Степень поднятия и опускания мягкого нёба у различных людей различна при пении и речи, но роли резонатора оно не играет, поэтому удаление миндалин у певцов Работнов не считает вредным. Значение мягкого нёба при пении и речи заключается в том, что оно отделяет нос от глотки. Включение носа как резонатора неблагоприятно отражается на звучности, силе и тембре голоса и вызывает форсирование и утомление голоса.

Свое отрицание роли носа и носоглотки как резонаторов Работнов основывал на опыте затыкания носа резиновым баллоном у певцов, у которых он получал при этом более звучный и сильный голос. Исходя из этого Работнов находил, что искривления перегородки и другие аномалии носа не вредят певцам. Эта работа вызвала много возражений как со стороны педагогов, так и со стороны фониатров, так как шла совершенно вразрез с общепринятыми положениями.

Далее Л. Д. опубликовал статьи «О движении грудной и брюшной стенок при пении».

В этой экспериментальной работе, в процессе которой было обследовано 100 певцов, Работнов приходит к таким выводам:

1. Характер движения грудных и брюшных стенок во время пения не находится ни в какой зависимости от типа покойного дыхания.
2. Род голоса, а также пол не обуславливают определенных движений со стороны груди и живота при пении.

3. Установленное практикой деление дыхательных движений на типы (ключичное, грудное, диафрагматическое, боковое и проч.) может иметь место лишь при покойном дыхании и совершенно не соответствует обстоятельствам, протекающим при образовании голоса певца.

4. Главная сила, поддерживающая внутригрудное давление при пении в состоянии равномерности и постоянства, принадлежит гладкой мускулатуре бронхов. Она находится в сложном взаимоотношении с поперечнополосатыми мышцами туловища; при этом брюшной пресс при содействии диафрагмы является самым выгодным, подкрепляющим давление фактором, в то время как спадающая грудная клетка вредно влияет на тонус диафрагмы и ослабляет силу брюшного пресса.

5. Только объективная регистрация дает верное представление об объемных изменениях груди и живота при пении.

6. Утечка тем сильнее выражена, чем активнее участие груди, легких, мышц в поддержке внутригрудного давления, чем обширнее спадение стенок груди.

7. Органы надставной трубки меняют свое положение и функцию в зависимости от движения груди и живота при пении.

8. Большинство певцов поет при слишком повышенном давлении внутри груди, что может быть в результате чрезмерного нажима как со стороны грудных стенок, так и брюшного пресса.

9. Окраска голоса меняется вместе с изменением типа движений груди и живота у одного и того же лица.

В своей следующей работе: «О взаимоотношении между внешними движениями грудной и брюшной стенок и диафрагмой при пении» Л. Д. проводит ценную мысль, что лабораторные методы исследования в связи со знаниями педагога-вокалиста несомненно должны принести пользу для усвоения наиболее выгодных мышечных движений при развитии и воспитании певческого голоса.

Далее Работнов утверждает, что колебания внутрибронхиального давления при пении находятся во взаимоотношении с натяжением голосовых связок, причем этот процесс совершается автоматически и рефлекторно. Волевая же задача певца сводится лишь к тому, чтобы добавочными компенсаторными движениями не мешать, а содействовать этому автоматизму.

Необходимым условием певческого голосообразования является высокое стояние диафрагмы, для чего полезно искусственное подтягивание стенок живота бандажом. Для поддержания необходимого внутрибронхиального давления выдыхательные и вдыхательные движения должны быть совершенно отличными от обычных типов покойного дыхания. Тембр голо-

са зависит от внутрибронхиального давления и от тонуса диафрагмы. Большинство профболезней голоса зависит от грубых нарушений условий давления в системе трахеи и бронхов.

В статье: «О взаимоотношении типов дыхательных движений при покое и пении» Работнов трактует тот же вопрос, но вводит еще новый фактор в механизм пения, именно работу тазового пояса. Одним из важнейших факторов певческого голосообразования, пишет он, является сила брюшного пресса, причем максимальное использование достигается в том случае, если она имеет направление снизу вверх, со стороны таза, при неподвижных боковых и передней стенок живота и грудной клетки. Это условие особенно необходимо при пении пиано. И опять он повторяет свое утверждение, что тембр певческого голоса теснейшим образом связан со взаимоотношением между деятельностью диафрагмы и брюшного пресса. Вдох перед пением предопределяет механизм внутритрахеального давления и окраску голоса певца. По его наблюдению, западение стенок живота при пении есть признак ослабления внутрибрюшного давления, расширение же их указывает на усиление брюшного пресса.

На 3-м всесоюзном отолярингологическом съезде в Одессе Л. Д. представил программный реферат: «Профессиональные болезни голоса».

В этом реферате Работнов описывает все известные болезни голоса, и именно острые и хронические катары гортани и дыхательных путей, кровоизлияния в слизистую оболочку, узелки певцов, а также функциональные заболевания и расстройства; указывает на условия правильного голосообразования. Здесь он повторяет, что голосообразование зависит от внутрибронхиального давления, что в свою очередь находится в связи с соответствующим давлением на голосовые связки во время фонации, с соответствующим спадением грудной коробки, с действием брюшного пресса, с сокращением диафрагмы и положением гортани во время фонации. Полное замыкание голосовой щели и функции мягкого нёба также играют важную роль в фонации. Для диагноза профзаболеваний необходимо специальные лабораторные методы исследования. Лечение должно быть профилактическим. Для лечения Л. Д. рекомендует, помимо медикаментозных средств, синхроническую фарадизацию по Флатау, гармоническую вибрацию по Малютину и катодную лампу по Михайлову.

Л. Д. Работнов завершил свои работы выпущенной в 1932 г. книжкой «Основы физиологии и патологии голоса певцов».

Эта книга содержит в себе результат десятилетней экспериментальной работы и имеет большое значение как пособие в

области вокальной методологии. Достаточно перечислить заголовки отделов, чтобы понять, насколько всесторонне Л. Д. охватил и выполнил поставленную перед собой задачу.

1. О механизме дыхательных движений при покойном дыхании.
2. О механизме голосообразования.
3. Методы исследования голосового аппарата.
4. Практические замечания к вопросу о развитии и воспитании голоса певцов.
5. Профболезни голоса певцов.

Книга представляет большой интерес как экспериментальная работа, охватывающая разносторонние формы физиологии пения. Большую ценность книги составляет анатомопатологическая часть, исчерпывающе и очень понятно изложенная, доступная не только медикам, но и вокальным педагогам.

Большой научной заслугой Л. Д. следует считать постановку проблемы о роли гладкой мышечной мускулатуры трахеи и бронхов в технике голосообразования. Зарубежные ученые не заинтересовались этим вопросом, но его гипотеза разрабатывается в СССР.

Не менее важны мысли Л. Д. об автоматичности работы голосового аппарата, о вреде побочных движений, ограниченном сознательном воздействии на голосовую функцию, и т. д. Можно не соглашаться со многими положениями Работнова, особенно с такими, которые представляют выводы, недостаточно еще проверенные опытом, но нельзя обходить их молчанием. Высказываемые им мысли настолько новы и оригинальны, что требуется дальнейшая тщательная лабораторная разработка с привлечением опыта педагогов.

В настоящее время почти при всех европейских клиниках имеется фонетические отделения. В самое последнее время Парижская консерватория с д-ром Тапьеаид во главе устроила у себя также исследовательскую лабораторию; но все работы, выходящие из всех этих лабораторий, за исключением, может быть, венской, работают без плана, на случайном материале, выхватывая отдельные случаи и по ним строя теории. Л. Д. шел систематически в своих работах по одному направлению, проверял свои наблюдения на массовом материале.

Проф. Штерн (Вена) в своем докладе, присланном для прочтения в заседание нашей фониатрической секции 22/III 1933 г., так пишет о Л. Д.: «Пользуясь случаем, я должен упомянуть о Л. Д. Работнове и его экспериментальном исследовании певцов. Можно не всегда соглашаться с его выводами, но его исследования содержат до сих пор очень мало затронутые, или совсем нетронутые, вопросы, и мне кажутся необычайно важными сообщаемые им факты относительно замыкания голосовой щели, форме и положении надставной трубки, а также его попытки путем

объективных методов вывести закономерности, играющие роль в голосовом аппарате».

Поздно начал Л. Д. заниматься экспериментальной фонетикой и рано ушел, но за одно десятилетие он сумел встать на первое место среди наших фонетиков и вырасти до уровня зарубежных корифеев. Очень жаль, что его фонетическая лабораторная деятельность протекала без близких сотрудников, которые могли бы продолжать его работу, идя по тому же пути строгого экспериментального исследования.

Он оставил нам много тем для разработки, и его имя будет долго еще упоминаться в специальных работах его последователей.

Проф. Е. Н. Малютин

## Речь проф. Ф. Ф. Заседателева на вечере памяти Л. Д. Работнова

26 лет назад я зашел как-то в Базановскую клинику, куда за неделю перед тем передал товарищам десяток экземпляров только что вышедшей моей работы: «Болезни голоса певцов». Товарищи окружили меня и начали говорить комплименты по поводу книги, хотя большинство из них, вероятно, не успело даже перелистать ее. Только один из них, статный юноша, стоял в стороне и как-то неопределенно улыбался. Я подошел к нему, и мы познакомились: это был Л. Д. Работнов. «А я не доволен вашей книгой,—сказал он мне.—Тема, избранная вами, чрезвычайно интересна, но я бы не так ее выполнил; я бы прежде всего сам проверил все измерения движений грудной клетки певца, движения гортани и обследовал бы работу резонаторов, затем сравнил бы свои выводы с выводами прочих авторов и, наконец, подвел бы итог всей работы».

Мы расстались.

Через 26 лет ко мне зашел уже не юноша, но зрелый научный работник. Л. Д. Работнов держал в руках экземпляр своей книги: «Основы физиологии и патологии голоса певцов». На книге была сделана надпись: «От благодарного и признательного»; на мой вопрос—за что благодарного и почему признательного—Л. Д. ответил: «Благодарного за скорую и благожелательную рецензию, а признательного за данную мне тему».

Итак, Л. Д. понадобилось 25 лет, чтобы записать свой труд; из них 10 лет он собирал материал, еще 10 лет выпускал статьи по отдельным вопросам физиологии голоса, и 5 лет ему понадобилось, чтобы сделать общую сводку. Так работал Л. Д. Вот почему, строгий к самому себе, он был «неприятным» оппонентом: он хотел, чтобы другие так же строго относились к своей научной продукции. Манера работ у Л. Д. была чрезвычайно своеобразной. Когда он приступал к разрешению какой-либо проблемы, он прежде всего до основания расчищал тот плацдарм, на котором он хотел строить свою новую теорию, не щадя иногда и таких положений,

против которых трудно было возразить. Но, чтобы сильнее приковать внимание к данной проблеме, он дерзостно сметал все.

Так, например, желая обратить внимание на роль гладкой мускулатуры трахеи и бронхов при звукообразовании, он отмечает всякое значение произвольных дыхательных мышц в акте пения: «Главной движущей силой при голосообразовании является гладкая мускулатура».

Желая бороться с практикуемой иными педагогами в поисках резонанса ненужной перегрузкой воздухом грудной клетки певца, Л. Д. начинает эту свою работу с полного отрицания грудного резонанса. Справедливо желая отвлечь внимание певца и особенно преподавателя пения от переоценки диафрагмы в акте певческого дыхания, он переносит центр тяжести при пении на тазовую диафрагму. Желая отбить охоту у педагогов отыскивать какие-то звучащие точки в голове певца (чем они несомненно злоупотребляют), он совершенно снимает носовой и глоточный резонанс, утверждая, что при условии выключения носа и носоглотки голос певца выигрывает в силе и качестве. Желая покончить со спорами о типах певческого дыхания (а споры эти действительно слишком затянулись), Л. Д. указывает, что лучшим типом дыхания является неподвижность грудной клетки и т. д. и т. п.

Конечно, Л. Д. не мог не понимать, что нельзя совершенно выключать из поля зрения ни произвольной мускулатуры, ни грудного резонанса, ни, наконец, носа и носоглотки, но уже такова была его манера работать. В этом отношении он напомнил мне нашего великого учителя Гарсиа; ведь и до Гарсиа десятки лиц изобретали лярингоскоп (таковы были Сенн из Женевы, Бабингтон из Лондона, Беннати из Парижа, Бомес из Лиона, Варден из Эдинбурга и др.), но честь изобретения лярингоскопа все же по справедливости остается за Гарсиа, ибо своей переоценкой значения лярингоскопа в преподавании пения, своими утверждениями, что теперь вокальный педагог уже воочию будет видеть работу гортани и этим сразу будет разрешена вся певческая проблема, он сумел приковать внимание к этому маленькому зеркальцу, несмотря на то, что меньше всего этими изобретениями воспользовались именно вокальные педагоги, и у самого Гарсиа его запыленное зеркальце хранилось где-то далеко, как дорогая реликвия, но изобретением этим были облагодетельствованы врачи, получившие из рук исследователя мощный инструмент для распознавания и лечения заболеваний гортани. Недаром вокальный педагог Гарсиа *honoris causa* был признан доктором медицины.

Так и мы, не соглашаясь полностью со всеми утверждениями Л. Д., признаем, однако, что такой манерой работы он действительно сумел приковать внимание исследователей ко многим темным сторонам голосообразования и заставил многих из нас изменить свои преж-



ние позиции. Такова, например, проблема гладкой мускулатуры.

Враг всякого подхалимства и угодничества, Л. Д. из скромности не любил также сосредоточивать внимание на своей личности. Выступал он редко и неохотно. Но уж если он встречался с небрежной работой, и в особенности если чувствовал попытку проташить какое-либо недобросовестное утверждение (главным образом в оценке изобретений и изобретателей), то он был тогда настоящим трибуном.

Всецело посвятив себя исследовательским проблемам, Л. Д. постоянно работал с певцами в поисках новых методов исследования и лечения голоса.

Проф. Ф Заседателев

## Список научных работ Л. Д. Работнова

### Работы по отоларингологии:

1. Статистика внутрочерепных заболеваний ушного происхождения по данным русских авторов «Ежемес. ушн., горл. и нос. бол.», 1908 г.
2. Редкий случай опухоли носовой перегородки. Там же, 1909 г.
3. О субмукозном лечении хронического ринита. Там же, 1910 г.
4. Об утолщениях задней части носовой перегородки. Там же, 1910 г.
5. Экспериментальное исследование кровообращения, питания и секреции слизистой оболочки носа в связи с клиническим наблюдением. Диссертация, 1914 г.
6. К вопросу о секреции и питании слизистой оболочки носа. «Ежемес.», 1916 г.
7. К вопросу о влиянии некоторых кровоостанавливающих средств на сосуды носовой полости. Там же, 1916 г.
8. Случай *conchae bullosae*. Там же, 1916 г.
9. О скуловых абсцессах ушного происхождения. «Русская отоларингология», 1924 г.
10. Краткое руководство по болезням носа, горла и уха (совместно с проф. А. Ф. Ивановым и К. А. Орлеанским), 1-е издание, 1931 г., 2-е—1933 г.
11. Обзор деятельности ушной клиники I МГУ за 30 лет. «Журнал ушн., нос., горл. болезней». 1926 г.
12. Случай хондрокарциномы гортани (сдано в печать).
- 12а. То же, на немецком языке.

### По физиологии и патологии голоса певцов:

13. К вопросу об образовании голоса у певцов (об утечке воздуха при пении). «Архив клинической и эксперим. медицины». 1922 г., № 1.

- 13а. То же, на немецком языке. «Zeitschrift f. H. N. O.», Bd 2, 1922 г.
14. Новые данные по физиологии голоса певцов. Там же, 1924 г., № 5—6.
- 14а. То же, на немецком языке. «Zeitschrift f. H. N. O.», Bd 5, 1923 г.
15. О функции мягкого нёба при пении. «Русск. отоларинголог», 1924 г.
- 15а. То же, на немецком языке. «Zeitschrift f. H. N. O.», Bd 11, 1925 г.
16. О движениях брюшной и грудной стенок при пении. «Журнал ушн. бол.», 1926 г., № 1/2.
- 16а. То же, на немецком языке. «Monatsch. f. Ohrenheilkunde», Bd 62, 1928.
17. О взаимоотношении между внешними движениями грудной стенок и диафрагмой при пении. «Журнал ушн. бол.», 1927 г., № 1/2.
18. О влиянии фонации на кровяное давление. «Журн. ушн. бол.», 1928 г., № 1.
19. О взаимоотношении типов дыхательных движений при покое и пении. Там же, 1929 г., № 5—6.
20. Профессиональные болезни голоса. Там же, 1929 г.
21. Основы физиологии и патологии голоса певцов. Музгиз, Москва, 1932 г.
22. Микроскопический анализ фонографической записи голоса певцов. Посмертное издание, Музгиз, 1935.
- Кроме этого целый ряд статей в Больш. медиц. энциклопедии:
23. Аденоиды, т. 1.
24. Ангина, т. 1.
25. Голос, т. 7.
26. Гортань, т. 7.
27. Душ носовой, т. 9.
28. Лярингоскопия, т. 16
- и ряд докладов, сделанных Л. Д. в различных научных обществах.

Редактор М. Брун.

Техред. Кравченко.

Сдано в производство 28/1 1935 г.  
Подписано к печати 28/III 1935 г.  
Уполномоченный Главлита № Б—5849.  
Гиз 4232.

Формат бумаги 62 × 94. 1/16.  
4 печ. листа. 56.000 зн. в печ. листе.  
Тираж 2.000 экз.  
Заказ 200.

Полн. отд. 1-й Образцовой тип. Огиза треста «Полиграфкнига». Москва, Валовая, 28