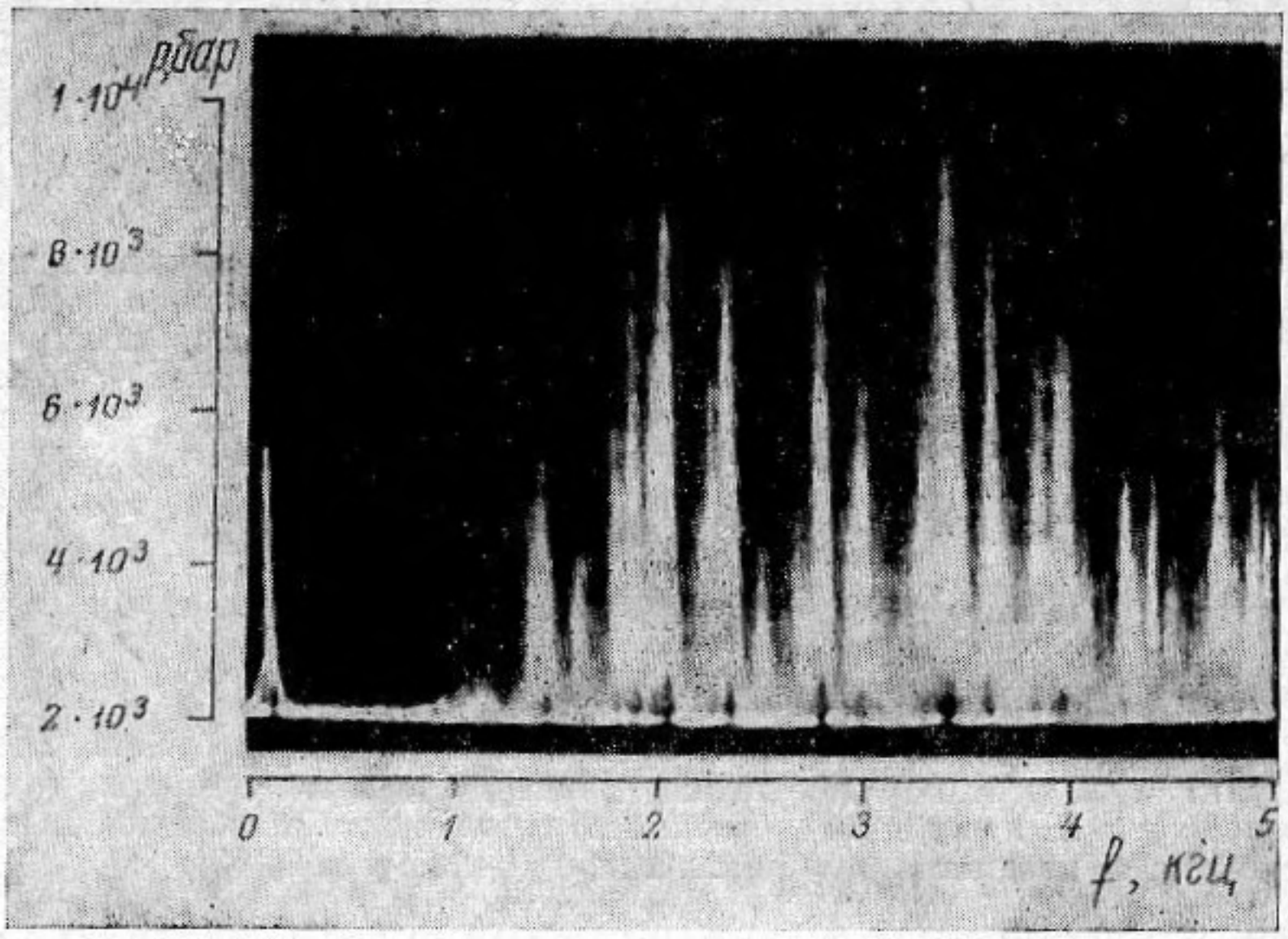


Фиг. 4

Нами была сконструирована и изготовлена сирена, у которой окна на роторе нанесены по упомянутому закону с числом мест 179. На статоре имеется 14 неравномерно расположенных одинаковых по размеру окон. На фиг. 3 показан расчетный спектр сирены, на фиг. 4 — фотография спектра сирены, с экрана анализатора. Скорость вращения ротора сирены при этом была равна 750 *об/мин*.

ЛИТЕРАТУРА

1. Л. Е. Матохнюк, Ю. А. Кашталян. Однороторная сирена. Авт. свид. Бюл. изобрет., 1968, № 31, К 74 2, № 228 565.
2. А. К. Сушкевич. Теория чисел. Изд-во ХГУ, 1956.

Институт проблем прочности
АН УССР
Киев

Поступило в редакцию
11 марта 1970 г.

УДК 534.781

ИНФРАЗВУКИ, ГЕНЕРИРУЕМЫЕ ГОЛОСОВЫМ АППАРАТОМ ЧЕЛОВЕКА В ПРОЦЕССЕ РЕЧИ И ПЕНИЯ

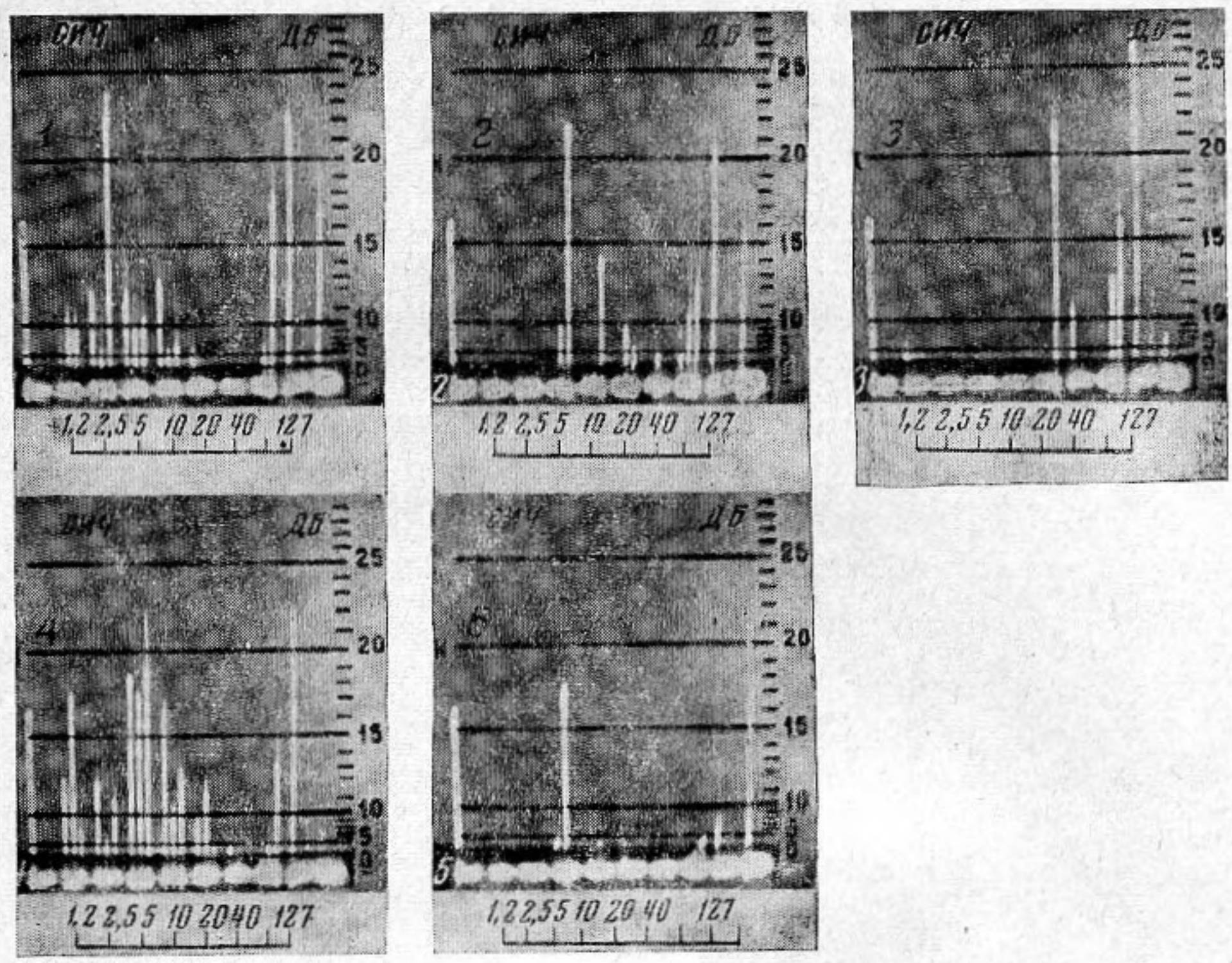
В. П. Морозов, П. А. Пуолокайнен, А. Д. Хохлов

Как известно, спектральный анализ речевого сигнала осуществляется в звуковом диапазоне частот, начиная с 40, 50 *гц* и выше. Нам не удалось найти в литературе данных, касающихся исследования спектрального состава звука голоса человека в инфразвуковой области. В этой связи нами и была предпринята настоящая работа.

Приемником звука служил измерительный конденсаторный микрофон специальной конструкции, имеющий практически линейную частотную характеристику от 0,3 до 1000 *гц* (нелинейность в этом диапазоне составляла не более ± 1 *дб*). Нелинейность микрофона в полосе 1000—4000 *гц* не превышала ± 4 *дб*. Чувствительность микрофона с микрофонным усилителем составляла 150 *мв / м² / Н*.

Исследования проводились в звукоизмерительной камере Института эволюционной физиологии и биохимии им. И. М. Сеченова АН СССР. Микрофон подвешивался в центре камеры на уровне головы испытуемого и на расстоянии 0,5 *м* от испытуемого.

Сигнал с микрофонного усилителя подавался на спектрометр инфразвуковых частот с целью визуального наблюдения инфразвукового спектра на экране и с филь-



Фиг. 1

тров спектрометра — на шлейфный осциллограф с целью получения осциллограмм инфразвуковых волн.

Исследованию была подвергнута как обычная разговорная речь, так и вокальная речь (пение). В первом случае испытуемые произносили перед микрофоном фразы и отдельные звуки речи, а во втором — пели различные гласные и отрывки из вокальных произведений. Испытуемыми были два диктора (мужчины) и два вокалиста (басы).

На фиг. 1 представлены спектры звуков речи и пения, снятые с экрана спектрометра при помощи фотоприставки при времени экспозиции 0,5 *сек* с подсветкой экрана спектрометра. Обозначения на фигуре следующие: *1* — счет в ровном темпе от 1 до 10, *2* — периодическое повторение слога «би-би-би», *3* — звук Р, *4* — фраза «у попа папа поп», *5* — пение гласной О на средней ноте.

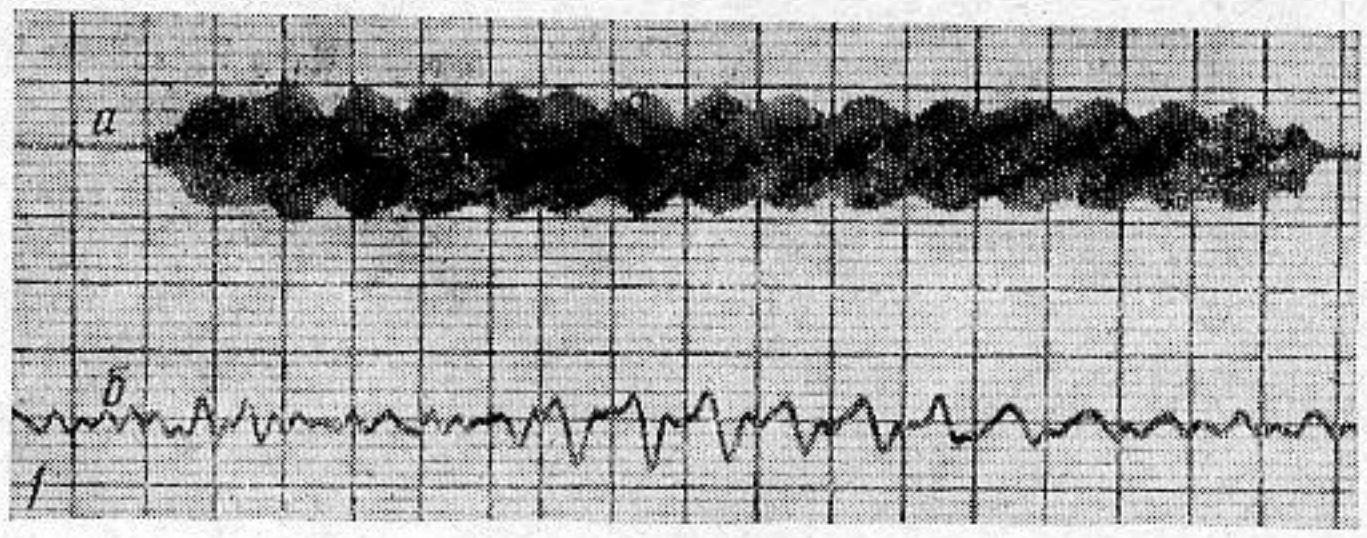
Как можно видеть, интенсивность инфразвуков, генерируемых человеком в процессе речи, довольно значительна и в приведенных случаях соизмерима с уровнем основного тона голоса. Максимумы спектральной энергии располагаются: при счете — в области около 3 *гц*, при периодическом повторении слога «би-би-би» — в области 6 *гц*, при фонации Р — около 25 *гц*, при произношении фразы «у попа папа поп» — 4—6 *гц*, при пении О — 5 *гц*.

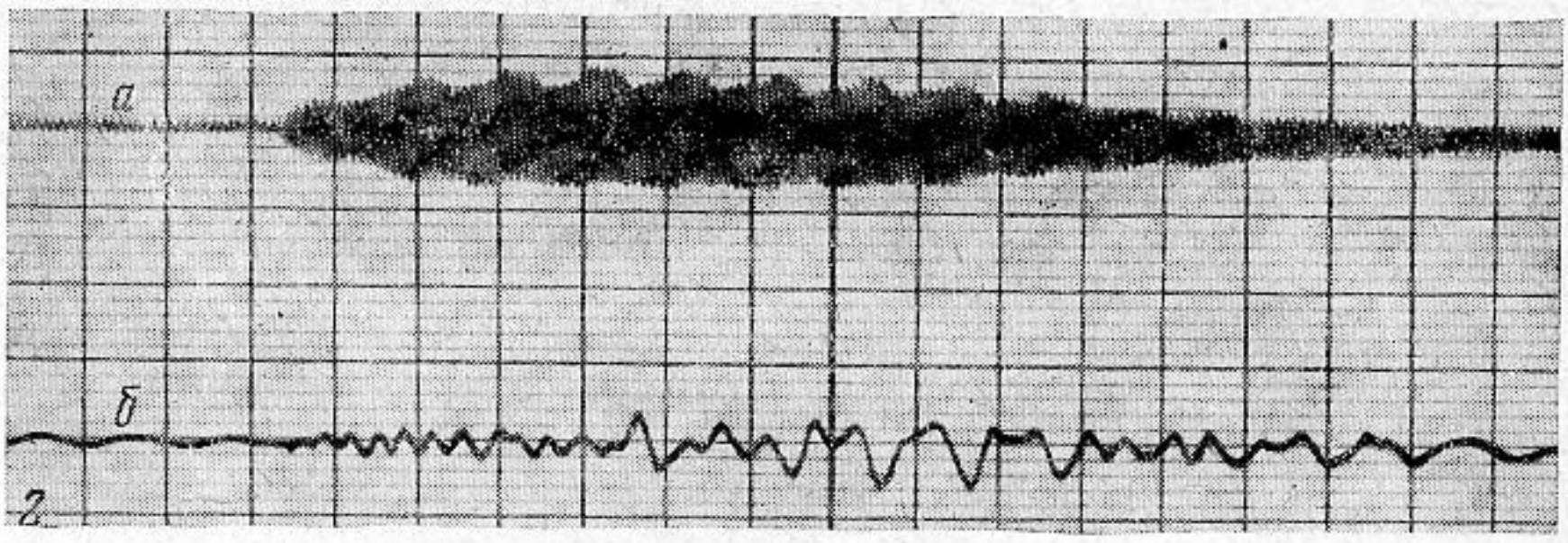
На фиг. 2 приведены осциллограммы звука (кривая *а*) и инфразвука (кривая *б*), генерируемых голосовым аппаратом певца при пении различных гласных (звуковой фильтр в полосе 80 *гц* — 5 *кгц*, инфразвуковой фильтр — 1—20 *гц*. Обозначения на осциллограммах: *1* — пение гласной А на средней ноте, *2* — гласной У, *3* — гласной Э, *4* — пение Э, «неудачная» нота. Отметка времени — 0,2 *сек*.

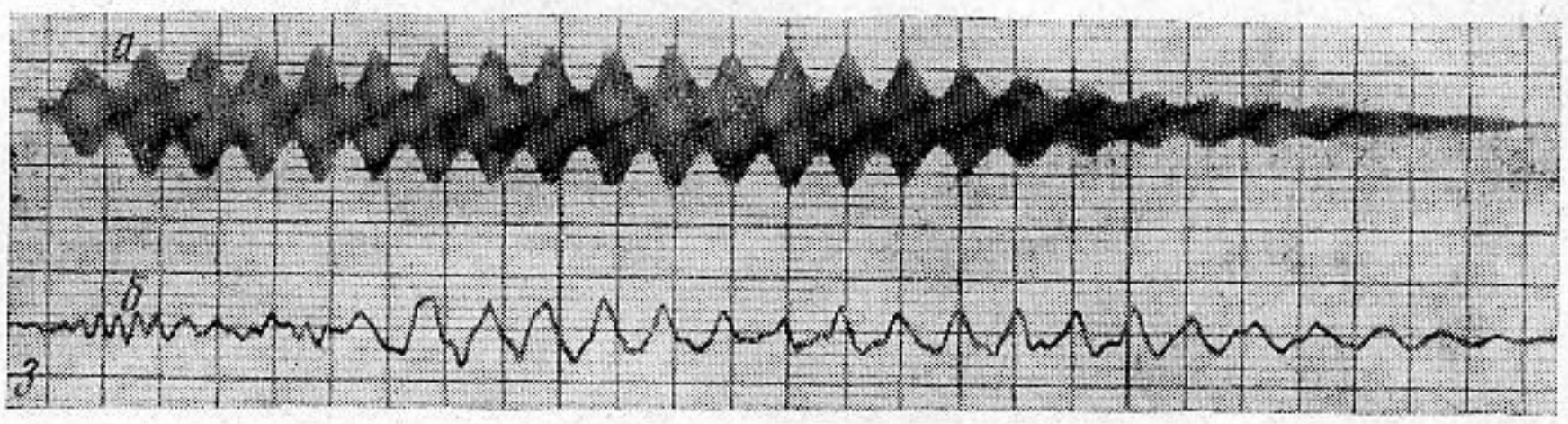
Можно видеть, что в инфразвуковой осциллограмме в основном преобладает частота порядка 5 *гц*, которая хорошо синхронизирована с частотой вибрато голоса певца, проявляющегося в виде амплитудной модуляции звуковой осциллограммы. Важно отметить, что при пении неудачной ноты (осциллограмма *4*) амплитуда инфразвуковых колебаний уменьшается, а синхронизация с амплитудной модуляцией нарушается.

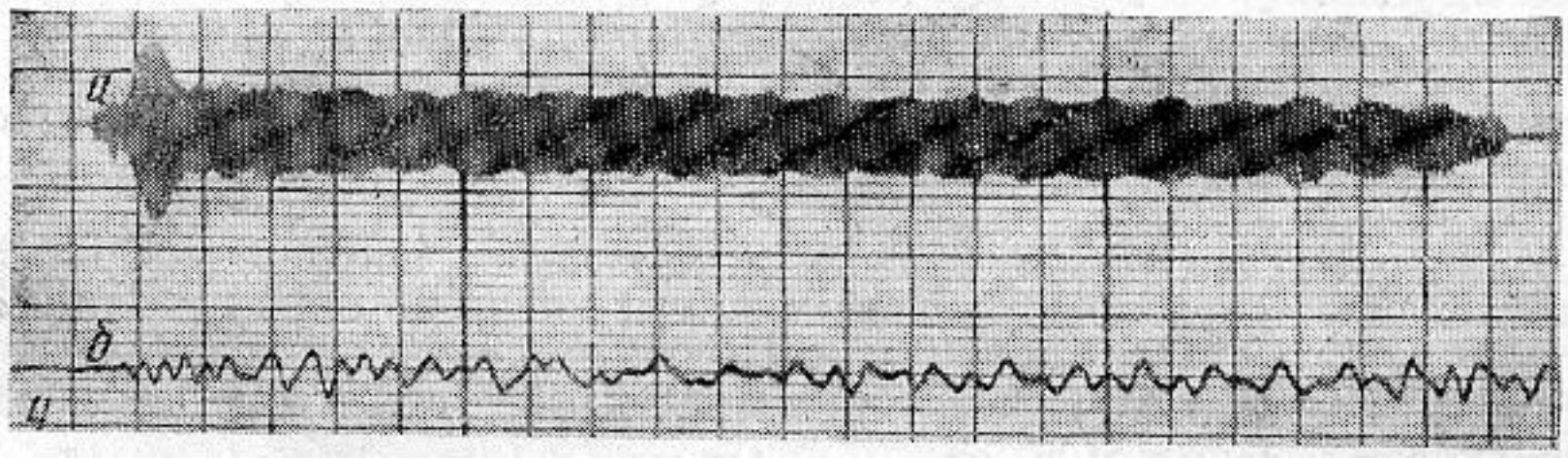
Происхождение инфразвуков в процессе речи, по-видимому связано со слогоделением, т. е. с модуляцией воздушного потока, выходящего из легких, артикуляционным аппаратом. Частота инфразвука в этом случае соответствует средней частоте артикуляции слогов.

Происхождение инфразвуков в процессе пения имеет, по-видимому, иную природу. Поскольку при пении гласных рот певца широко открыт и артикуляция в сущности отсутствует, можно полагать, что генерация инфразвука осуществляется дыхательным аппаратом певца (диафрагмой) и гортанью. Это предположение базируется









Фиг. 2

на том факте, что в процессе пения у певцов часто наблюдаются заметные колебания диафрагмы и гортани, синхронизированные с частотой вибрато. Таким образом, происхождение вибрато певческого голоса, по-видимому, связано с генерацией инфразвука голосовым аппаратом певца.

Институт эволюционной физиологии и биохимии
им. И. М. Сеченова АН СССР
Ленинград

Поступило в редакцию
28 октября 1970 г.

УДК 534.26

О ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ФОРМ КОЛЕБАНИЙ ТОНКОЙ ОГРАНИЧЕННОЙ ПЛАСТИНЫ В ЖИДКОСТИ

Р. А. Мхитаров

Как известно [1], формы колебаний тонкой ограниченной пластины, помещенной в жидкость, являются не вполне ортогональными друг другу. Благодаря жидкости появляется некоторая связь между собственными колебаниями пластины, проявляющаяся в том, что, наряду с mn — формой колебаний пластины, возбуждаются и другие kj — формы, отличные от mn — формы. Если определить через Z_{kjmn} отношение давления, действующего на пластину со стороны жидкости и соответствующего mn — форме колебаний, к скорости пластины, колеблющейся в kj — форме, тогда z_{kjmn} представляет импеданц излучения, связывающий mn- и kj-формы колебаний, или