

1940

ЗВУКОЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

IV. ХАРАКТЕРИСТИКИ УЛАВЛИВАНИЯ ЗВУКА ПОЛУПРОНИЦАЕМЫМИ МЕМБРАНАМИ

Л. В. Никитин

Ленинградский институт тонкой механики и оптики

В настоящем сообщении мы прежде всего излагаем качественные опыты, которые были поставлены с целью выяснения правильно или нет наше предположение о возможности улавливания звука непосредственно поляризованными мембранами, затем рассматриваем употребленные электроды и, наконец, приводим количественные характеристики улавливания звука поляризованными мембранами.

В предыдущем сообщении нами приводятся основания выбора для опытов мембран, приготовленных из коллодия.

Мы при изготовлении мембран воспользовались упрощенным методом Жигмонди, заключающимся в том, что некоторый объем коллодия выливался на пластинку из зеркального стекла. Наклонением пластинки в разные стороны можно получить равномерное распределение коллодия по стеклу. После удаления растворителя высушиванием в течение трех-четырех дней коллодиевая пленка вместе со стеклом переносилась в воду, после чего коллодий легко отставал от стекла. Далее, полученная коллодиевая пленка подвергалась многократному промыванию в течение двух дней в дистиллированной воде. Хотя нужно признать, что коллодиевые мембраны, приготовленные таким образом, часто отличаются друг от друга, но все же мы предпочли из ряда приготовленных мембран отбирать близкие по свойствам, а не стремиться приготовить вполне однообразные мембраны.

Приведем примеры неоднородности мембран, казалось, полученных в идентичных условиях. Например потенциалы для мембран, изготовленных, казалось, в идентичных условиях, согласно методу Михаэлиса [1], могут сильно отличаться друг от друга: для KCl 0.01 н./0.1 н. от 52 до 45 mV; для KJ 0.01 н./0.1 н. от 56 до 43 mV.

Еще пример. Скорость фильтрования через целлофановые продакные мембраны одной и той же марки, согласно данным Уайта, Моногана и Урбана [2], может сильно отличаться от мембраны к мембране, напр. для целлофановых мембран „600“ скорости фильтрования были следующие: 1.51; 1.48; 1.09 (каждое умноженное на 10^{-8} см³/сек. см/см²).

По опытам Вильбранта [3] концентрационный потенциал 0.01/0.1 н. KCl был следующий.

Коллодий 56 mV (высший), 50 mV (низший); коллодий той же фирмы специально для приготовления мембран 46 mV (высший) и 35 mV (низший) и коллодий Merck 48 mV (высший) и 10 mV (низший).

В наших опытах с коллодиевыми мембранами цепь усилителя была обособлена от цепи поляризации.

Все опыты были произведены с одной вначале частотой звука, равной 100 герц. Ввод звука в ячейку при всех употребленных электрических схемах был осуществлен следующим образом (рис. 1). Амбушур, укрепляющий мембрану телефона, был снят, и мембрана прижата к корпусу телефона стеклянной трубкой соответствующего диаметра, заткнутой снизу эластичной резиновой пленкой.

Коллоидная мембрана приклеивалась к резиновому кольцу, монтированному на нижней части вертикально поставленной стеклянной трубки. Внутренний диаметр трубки — 5 см. Расположение электродов цепи усилителя (точечных) и поляризации видно из схемы (рис. 7).^{*} Цепь усилителя экранировалась. В каждом опыте мы предварительно убеждались в отсутствии „паводки“ от работающего генератора звуковой частоты.

Первые же опыты показали, что генерируемый звук улавливался мембраной при употреблении растворов в широком диапазоне концентрации от 1 до 0.001 н., безразлично, употреблены ли растворы одной и той же концентрации по одну и другую сторону мембраны, или разной.

Необходимым условием улавливания звука описываемой ячейкой является целостность мембраны. Помещение двух электродов цепи поляризации или двух электродов цепи усилителя по одну сторону мембраны обуславливает исчезновение эффекта улавливания. Отсюда необходимо было заключить, что звук действительно улавливается мембраной, и затем, что мембрана должна быть поляризована.

Интересно отметить, что путем некоторой обработки мембраны можно в значительной степени усилить ее действие.

Именно, сравнительно короткое (в течение нескольких минут) повышение силы поляризационного тока в несколько десятков раз значительно увеличивает способность мембраны улавливать звук. Эта повышенная способность сохраняется и после уменьшения силы поляризационного тока до начального.

Этот факт наталкивает нас на некоторое сопоставление с поведением в аналогичных условиях металлического электрода. Именно для металлического электрода существует, как показано ранее, некоторый критический потенциал, после достижения которого уменьшение улавливания звука со временем его действия на электрод не наблюдается.

Мы высказали предположение, что адсорбционный слой после достижения критического потенциала резко изменяет свое строение. После уменьшения потенциала сохраняются свойства электрода, поляризованного выше критического потенциала лишь сравнительно непродолжительное время, т. е. если объяснить явление свойствами поляризованного адсорбционного слоя, то следует признать неспособность его сохранять без поляризации продолжительное время строение, присущее более высокой поляризации. В отношении поляризованных мембран следует сказать, что для них также существует некоторая критическая плотность тока (правда, не так ясно выраженная, как в случае с металлическими электродами), после достижения которой улавливание звука мембраной во много раз улучшается, причём это улавливание звука сохраняется и после уменьшения плотности поляризационного тока некоторого критического значения. Сохраняется не в течение нескольких минут и десятков минут, как это в лучшем случае наблюдается для металлического электрода, но сохраняется часами.

Мы ограничимся здесь только таким сопоставлением.

С чисто технической стороны было желательно избежать применения сравнительно больших платиновых электродов, с одной стороны, и с другой — выделения газов на электродах, поэтому были поставлены опыты с применением ряда неполяризующихся электродов. Были исследованы следующие цепи (концентрации электролитов I и II):

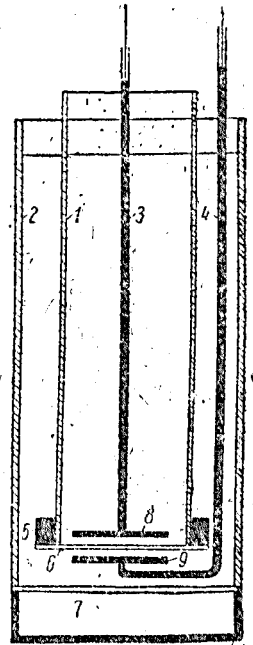


Рис. 1.

1, 2 — стеклянные трубки;
3, 4 — стеклянные трубки,
служащие для подведения
тока к электродам 8 и 9;
5 — резиновое кольцо, к ко-
торому приклеивается мем-
брана 6;
7 — телефон.

^{*} На рис. 7 изображена двухэлектродная цепь, работа которой разобрана ниже.

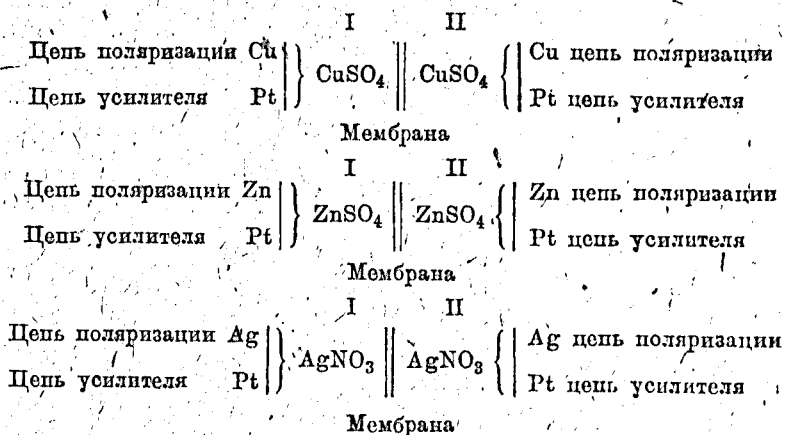


ТАБЛИЦА 1
Концентрации растворов

I	II	I	II
0.01 н.	0.01 н.	0.10 н.	0.10 н.
0.01 "	0.10 "	0.10 "	1.00 "
0.01 "	1.00 "	1.00 "	1.00 "

Размеры электродов те же, что и в опытах с платиновыми электродами цепи поляризации. Концентрации CuSO_4 , ZnSO_4 и AgNO_3 были взяты 0.1 н., 0.01 н. и 1 н. в сочетаниях, показанных в табл. 1.

При всех соотношениях этих концентраций наблюдалось качественно превосходное улавливание звука, напр. при плотности поляризационного тока в 0.5 mA/cm^2 .

На основании изложенных опытов можно было сделать заключение, что даже резко отличающиеся друг от друга процессы, имеющие место на электродах и, с другой стороны, неполяризующихся электродов, не оказывают в указанной постановке опыта заметного влияния на улавливание звука мембраной.

Если можно было с уверенностью сделать приведенное здесь заключение относительно электродов цепи поляризации, то относительно электродов цепи усилителя все же, несмотря на приведенные выше опыты, существовали сомнения, что, быть может, улавливание звука происходит на электродах цепи усилителя, мембрана же только улучшает восприятие этих колебаний электрической цепи. Основанием для таких предположений явилось употребление для цепи усилителя "точечных" электродов, имеющих $d=0.2 \text{ мм}$.

Можно было думать, что точечные электроды, имея небольшую площадь, могут легко поляризоваться, находясь в электрическом поле, создаваемом электродами цепи поляризации.

Это предположение было проверено опытно. Точечные электроды цепи усилителя помещались в $1 \cdot 10^{-3} \text{ н.}$ в раствор HCl между электродами цепи поляризации, к которым прикладывалось 100—200 V напряжения (расстояние между электродами 1 см).

В этих условиях было замечено улавливание звука электродами цепи усилителя и без наличия мембран. Кроме того, даже один из электродов цепи электрод, на разных полюсах которого образуются адсорбционные слои водорода и кислорода.

На основании этих опытов приходилось сделать вывод, что можно с уверенностью утверждать, что явление действительно реализуется на мембране* только

* Употребляя термин "на мембране", мы не предпринимает здесь вопроса, в каком месте мембраны локализуется улавливание звука: на внешней, прилегающей к раствору, поверхности мембраны, или в порах мембраны и т. д.

тогда, когда в опытах с мембранами удалось бы добиться реализации явления при употреблении неполяризующихся и притом большего размера электродов цепи усилителя.

Однако при употребленной схеме и использовании для электродов цепи усилителя больших или поляризующихся электродов наблюдать улавливания звука не удавалось. Глубокая уверенность в том, что явление действительно реализуется на мембране, заставила нас более внимательно рассмотреть работу электрических цепей, применяемых при улавливании звука в изучаемых гальванических ячейках.

Сопоставим прежде всего электрические схемы, применявшиеся нами в опытах с поляризованными металлическими электродами, с одной стороны, и поляризованными мембранами, с другой стороны.

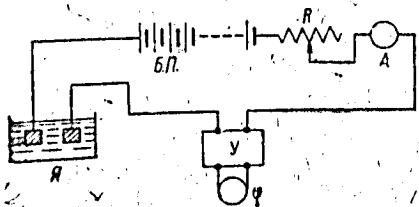


Рис. 2. Двухэлектродная ячейка с цепями поляризации и усилителя.
Б. П. — батарея поляризации; R — переменное сопротивление; А — амперметр; У — усилитель; Я — телефон; И — испытуемая ячейка.

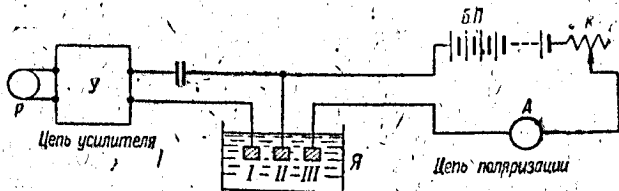


Рис. 3. Трехэлектродная ячейка с обособленными цепями поляризации и усилителя.

Б. П. — батарея поляризации; R — переменное сопротивление; А — амперметр; И — испытуемая ячейка; I — вспомогательный электрод цепи усилителя; II — попутный электрод; III — вспомогательный электрод цепи поляризации; У — усилитель; Р — телефон.

Первые опыты, при изучении действия звука на металлические электроды, проходили с двухэлектродной ячейкой (рис. 2). Однако первые же опыты показали необходимость отделения цепи постоянного тока (цепи поляризации) от цепи возбужденных при помощи поляризованных электродов колебаний; для сокращения эта цепь была названа „цепью усилителя“. Была сконструирована трехэлектродная ячейка, аналогичная применяемой для измерения потенциала разложения при помощи вспомогательного электрода. По существу в схеме, изображенной на рис. 3, электрод I является вспомогательным электродом цепи усилителя, а электрод III вспомогательным электродом цепи поляризации.

Регистрирующий прибор учитывает преимущественное действие звука на электрод II, так как для возбуждения электрода I необходима его поляризация, которой нет при употреблении этой схемы. Электрические колебания, возникающие на электроде III, могут, конечно, влиять на показание регистрирующего прибора, но все же они в большей мере ослабляются большим сопротивлением цепи поляризации. Здесь виден двойственный характер цепи поляризации. Сопротивление постоянному току, с целью избежать употребления высоковольтных батарей, должно быть мало; сопротивление переменному току — велико. Следовательно, цепь поляризации должна содержать большое индуктивное сопротивление. Наоборот, в цепи усилителя нежелательно появление постоянного тока что обуславливает постановку в эту цепь емкостного сопротивления.

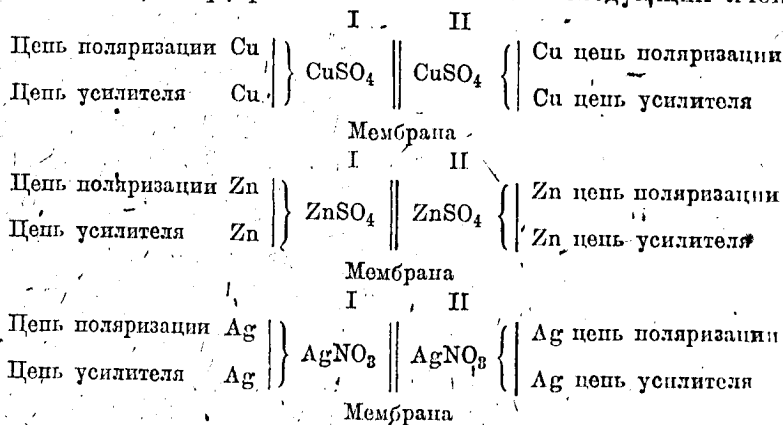
Кроме приведенных схем, нами употреблялись еще две, показанные на рис. 4 и 5 (цепи поляризации и усилителя показаны не полностью).

Схема, изображенная на рис. 4, может употребляться тогда, когда желательно не разделять явлений, возникающих на отдельных электродах, а определять общий эффект, аналогичный напряжению разложения. Схема рис. 5 может представить интерес при желательности изучения явления на биполярном электроде (стрелки у электрода III показывают возможность его перемещения).

При изучении явления на поляризованных мембранах мы употребляли четырехэлектродную ячейку (рис. 6). Электроды цепи поляризации и цепи усилителя — платиновые. Явление было реализовано в принятой схеме опыта при

употреблении электродов цепи усилителя, имеющих небольшую площадь („точечные электроды“). Это обстоятельство, как уже указывалось, ставило под сомнение наше утверждение, что явление реализуется на поляризованной мембране. В дальнейшем было показано, что при соблюдении определенных условий возможно употребление электродов большой площади и неполяризующихся.

Возможно было, напр., реализовать явление в следующих ячейках:



Площадь серебряных, медных и цинковых электродов при этом была сравнительно велика — несколько кв. сантиметров.

Наконец, по аналогии с двухэлектродной ячейкой, собранной по схеме рис. 4, четырехэлектродная цепь могла быть в значительной степени упрощена (рис. 7) аналогичным объединением электродов цепей усилителя и поляризации.

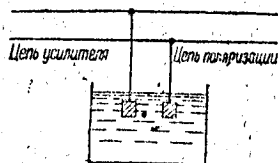


Рис. 4. Двухэлектродная ячейка с обособленными цепями поляризации и усиления.

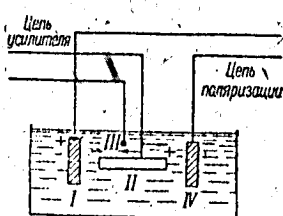


Рис. 5. Ячейка с биполярным электродом.
I и IV — электроды цепи поляризации; II — биполярный электрод; III — передвигающийся электрод.

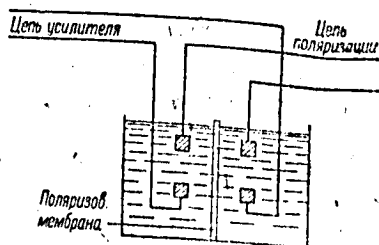


Рис. 6. Четырехэлектродная ячейка с мембраной.

Отметим здесь, что отличие двухэлектродной ячейки с поляризованной мембраной от двухэлектродной ячейки без нее, при одинаковом расположении цепей поляризации и усиления, заключается в том, что последняя работает при применении поляризующихся электродов при такой, плотности поляризационного тока, которая обеспечивает выделение на электродах (или электроде) заметных количеств газообразных веществ, т. е. электроды при этом должны рассматриваться как газовые электроды. В случае употребления, напр., медных электродов в растворе медного купороса явление наблюдается только при такой плотности тока, при которой начинается выделение на катоде водорода. При разделении же медных электродов коллоидной мембраной явление наступает при плотности тока меньше 1 mA на 1 cm^2 .

При работе с двухэлектродными ячейками была замечена особая поляризация электродов.

Очевидно, что колебания потенциала при одинаковой „плотности“ падающей на электрод или мембрану энергии звука не будут зависеть от площади электродов и мембран. Последняя причина будет оказывать влияние на силу тока.

Электрическая же цепь может быть такова, что ее сопротивление при определенной *эдс* обусловит появление тока большей или меньшей силы. Таким образом при малом сопротивлении должно произойти уменьшение *эдс*, т. е. своеобразная поляризации электрода или мембраны. Возможное улучшение коэффициента трансформации звуковой энергии в электрическую мало вероятно и во всяком случае не идет особенно далеко, так как при повышении силы тока условия обратимости ухудшаются; наоборот, при повышении сопротивления сила тока уменьшается. Условия обратимости должны были бы улучшиться, но несоответствие между $R_{\text{эл.}}$ и $R_{\text{зв.}}$ должны привести к возникновению на электроде или мембране других процессов.

Отсюда вытекает громадное значение при изучении звукоэлектрохимических явлений

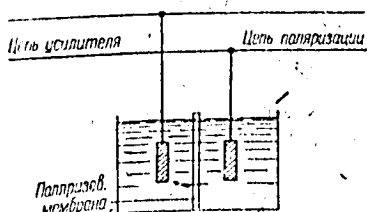


Рис. 7. Двухэлектродная ячейка с мембраной.

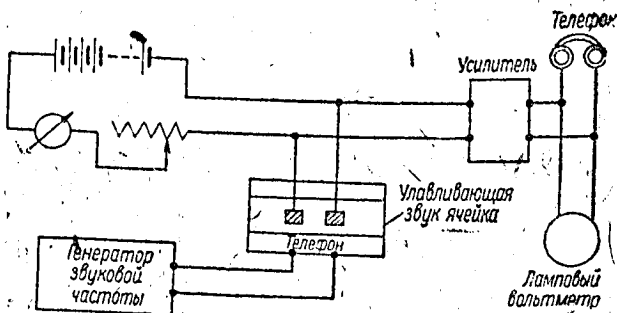


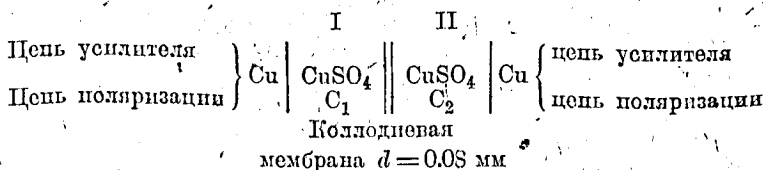
Рис. 8. Общая схема установки.

правильно подобранных электрических схем. Явления в указанных выше ячейках с неполяризующимися электродами цепи поляризации и цепи усилителя были осуществлены при введении достаточно больших сопротивлений в цепи поляризации и усилителя. В том случае, когда напряжение подается прямо на сетку усилителя, введение такого сопротивления (добавочного к сопротивлению лампы), помимо всего прочего, способствовало в нашем случае устойчивому режиму работы усилителя, а также возможности, при работе с электролитами с разной проводимостью, пренебрегать разными падениями напряжения на ячейках.

Было чрезвычайно интересно при развитии нашего исследования, посвященного улавливанию звука полупроницаемыми мембранами, получить более точные характеристики этого улавливания. Однако получение таких характеристик требовало значительного усовершенствования метода наблюдений и усложнения всей установки. В последнее время мы получили возможность собрать подходящую для указанной цели установку. Звуковые колебания возбуждались телефоном при помощи генератора звуковой частоты, работающего в пределах от 10 до 14000 герц. Ячейка монтировалась так, как указано выше. Величины потенциалов, возникающих на мембранах, оценивались при помощи лампового вольтметра, приключенного к выходу усилителя** параллельно с высокоомным телефоном. — Таким образом было возможно помимо отсчета показаний на ламповом вольтметре „слышать“ процесс улавливания звука мембраной (рис. 8).

В первую очередь было желательно установить влияние силы поляризационного тока, частотные характеристики поляризованных мембран, влияние концентрации и природы раствора, устойчивость работы мембраны, оптимальные способы приготовления мембран.

Первые опыты были поставлены в ячейке I.



* $R_{\text{эл.}}$ — звуковая энергия; $R_{\text{эл.}}$ — получаемая электрическая энергия.

** Коэффициент усиления, при 100 герцах и 5 V на выходе, около 180.

Коллодиевая мембрана приготовлена согласно Жигмонди, выливанием 5% раствора коллодия в спирто-эфирной смеси на зеркальное стекло, высушиванием мембраны при комнатной температуре (20° , в течение 95 час.) и последующем помещении в дистиллированную воду (на три дня). Толщина употребленной в ячейке I мембраны $d=0.08$ мм.

Перед началом опыта через ячейку пропусклся ток силой 5 мА в течение 2 час.; все последующие опыты сделаны при одном и том же напряжении на выходе генератора звуковой частоты, равном 20 В. В первых опытах начальные $C_1=C_2=0.1$ н.

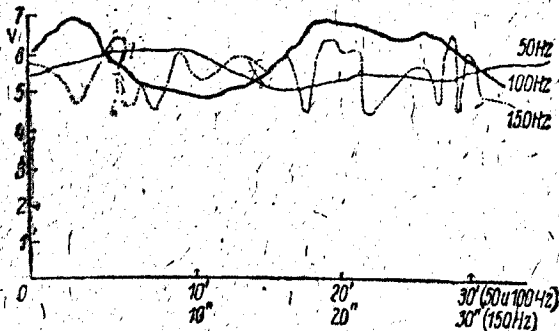


Рис. 9. Характеристика устойчивости работы мембран.

шины (от $d=0.01$ мм до $d=0.2$ мм), хотя так резко, как в приведенном случае.

При исследовании зависимости частотных характеристик от плотности поляризационного тока было обнаружено, что с повышением плотности поляризационного тока от некоторой минимальной величины для данных условий диапазон улавливаемых частот увеличивается. Для рассматриваемой ячейки I данные таких определений представлены в табл. 2 (рис. 10 и 11).

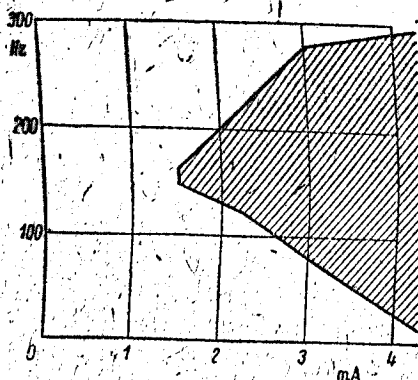


Рис. 10. Частотная характеристика ячейки

$\text{Cu} | \text{CuSO}_4 \parallel \text{CuSO}_4 | \text{Cu}$ в зависимости от силы поляризационного тока.

Мембрана

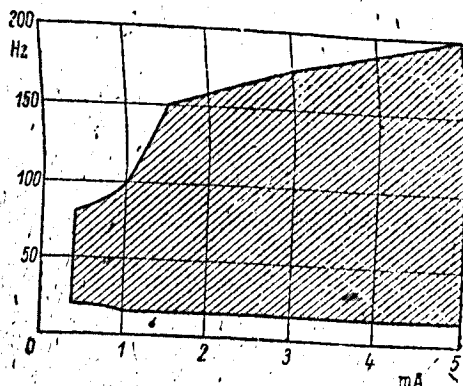


Рис. 11. Частотная характеристика ячейки $\text{Pt} | \text{KCl} || \text{KCl} | \text{Pt}$ в зависимости от силы поляризационного тока.

Мембрана

Увеличение диапазона улавливаемых частот* при увеличении плотности тока наблюдалось для всех изученных нами мембран в разных растворах.

* В том случае, если бы коэффициент усиления на низких частотах не был понижен, границы улавливания звука на низких частотах были бы расширены.

В той же табл. 2 и на рис. 11 представлены те же отношения для ячейки II.

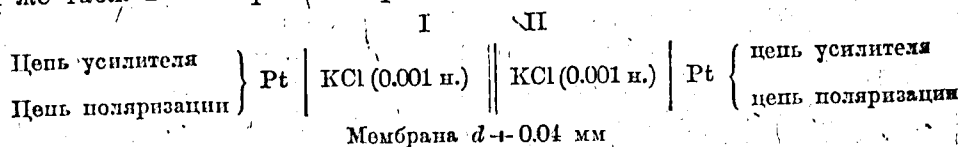


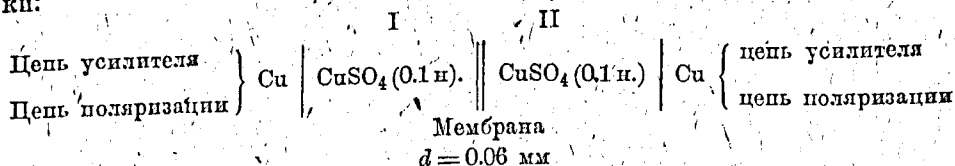
ТАБЛИЦА 2

Обозначение ячеек	Сила поляризационного тока (mA)	Частота улавливания звука (герц)	
		нижняя граница	верхняя граница
I. Cu CuSO ₄ 0.1 н. CuSO ₄ 0.1 н. Cu	1.5	150	170
	2.25	120	220
	3.00	80	280
	4.50	15	295
II. Pt KCl 0.001 н. KCl 0.001 н. Pt	0.4	20	80
	0.8	18	90
	1.0	16	100
	1.5	16	150
	3.0	16	175
	5.0	16	200

Данные ячейки II наиболее отличаются от полученных в наших опытах для ячейки I. Отметим здесь, что при снижении показания лампового вольтметра до нуля наблюдается еще заметная слышимость в телефоне.

Устойчивость показаний мембраны возрастает после долговременной тренировки ее при небольшой сравнительно силе поляризационного тока. Так, напр., после указанных испытаний и после поляризации током плотностью в 5 mA в течение 6 час. ячейка I работала в течение 3 дней, каждый день по 30 мин. при плотности поляризационного тока в 7.5 mA при 100 герцах. Результаты таких испытаний приведены в табл. 3, где в первой графе показано время, во второй графе — напряжения на входе усилителя. Буквами «Р. г.» отмечено время работы генератора.

Частотные характеристики для изученных мембран показывают избирательность действия звука при разных частотах. Приведем, напр., данные для ячейки:



Эти данные показывают зависимость между напряжением и частотой при разной плотности тока (табл. 4).

Интересно, что часто и при изменении концентрации раствора характер указанных кривых сохраняется. Например для данной мембраны при замене 0.1 н. CuSO₄ на 1 н. CuSO₄ один из минимумов падает на 70 герц, один из максимумов на 100 герц. Следует отметить, что изменение режима работы ячейки, напр. в отношении плотности поляризационного тока, изменения в большом интервале частот действующего звука, влечет за собой то, что после возвращения ячейки в первоначальные условия не всегда получаются результаты, одинаковые или даже близкие к начальным. Однако говорить о гистерезисе в полном смысле этого слова — затруднительно. Более или менее устойчивый режим улавливания звука после таких воздействий обычно нарушается в той

или иной мере. Отметим еще раз, что влияние указанных воздействий в значительной мере уменьшается после поляризации мембраны током сравнительно небольшой силы в течение продолжительного времени.

ТАБЛИЦА 3

Время р. г.	Напряж. на входе усилителя (mV)
0 час. — 30 мин.	30—28
30 мин. — 23 час.	—
23 час. — 23 час. 30 мин.	28—29
23 час. 30 мин. — 48 час. 30 мин.	—
48 час. 30 мин. — 49 час.	30—28
49 час. — 75 час.	—
75 час. — 75 час. 30 мин.	32—30

ТАБЛИЦА 4

Частота (герцы)	Плотность (mA)		
	4.5	7.5	15
50	4 mV	19 mV	12 mV
60	8 "	21 "	36 "
70	0 "	0 "	10 "
80	0 "	12 "	24 "
90	7 "	29 "	52 "
100	13 "	32 "	60 "
150	3 "	6 "	16 "
200	0 "	0 "	0 "
250	0 "	0 "	0 "
300	0 "	0 "	0 "

Ранее было установлено влияние концентрации при улавливании звука металлическими электродами — повышение концентрации сказывалось на повышении той минимальной плотности поляризационного тока, при которой еще наблюдается улавливание звука; в еще большей мере повышалась верхняя граница плотности тока, при которой удавалось прослушать тональность звука, действующего на электрод.

Аналогичные соотношения найдены и при улавливании звука поляризованными мембранами.

Зависимость между напряжением на мембране и плотностью тока имеет для всех изученных нами мембран один и тот же характер; в качестве примера приведены данные, полученные для ячейки:

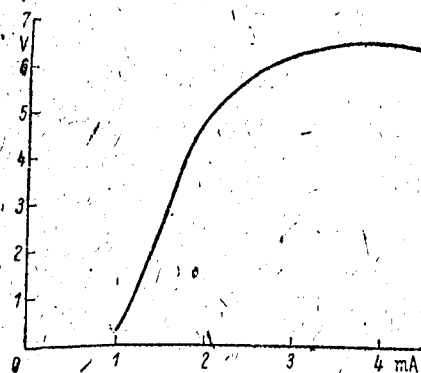
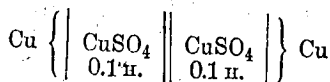


Рис. 12.

ТАБЛИЦА 5*

Зависимость между напряжением и плотностью поляризационного тока (ячейка I)

mA	V	mA	V
1.0	0.2	2.7	6.0
1.5	2.4	3.5	6.5
2.0	4.8	4.0	6.6
2.4	5.6	4.5	6.5

при частоте 100 герц (табл. 5 и 6, рис. 12).

Для металлических электродов повышение плотности тока сначала улучшало улавливание звука, затем ухудшало; одновременно при этом появлялись значительные шумы.

* В табл. 5 и на рис. 12 напряжения даны не на входе, а на выходе усилителя.

Для металлических электродов были получены кривые „звукоактивности“ электродов, в зависимости от плотности тока имеющие явно выраженный максимум. По существу аналогичная картина наблюдается и для поляризованных мембран.

Здесь надо отметить, что отклонения вольтметра обусловлены как звуком, уловленным мембраной, так и теми шумами, которые, аналогично также и для поляризованных металлических электродов, в чрезвычайно значительной степени усиливаются при значительном повышении плотности тока. В виду отсутствия соответствующих фильтров и осциллографа мы были лишены возможности оценить в отдельности влияние шумов и улавливаемого звука. Для крайне ориентировочного суждения об этом укажем, что при большой плотности тока для названной ячейки III табл. 6 шумы, без наложения звука, вызывают отклонение стрелки вольтметра до 5 V; наложение при этом звука (70 герц) увеличивало отклонение не более чем до 7 V. Что касается влияния концентрации на плотность тока, при которой еще наблюдается улавливание звука, то следует сказать, что повышение концентрации так же, как и для металлических электродов, сильно сдвигает эту границу в область высоких плотностей тока (табл. 6).

ТАБЛИЦА 6*

№ опыта	Обозначение ячейки	Плотность тока		Частота (герцы)
		нижняя граница (мА)	верхняя граница появления сильного шума (мА)	
1	Cu CuSO ₄ 0.1 н. CuSO ₄ 0.1 н. Cu	1	—	100
2	Cu CuSO ₄ 1 н. CuSO ₄ 1 н. Cu	5	—	100
3	Pt KCl 0.001 н. KCl 0.001 н. Pt	0.5	5	70
4	Pt KCl 1 н. KCl 1 н. Pt	5.0	50	70

В настоящем исследовании мы не ставили себе задачи изучить влияние на улавливание звука способов приготовления коллоидных мембран. Укажем только, что приведенные выше данные являются характерными для всех изученных нами мембран, причем в число двадцати коллоидных мембран, которые были подвергнуты нами испытанию, вошли как „вполне высушенные“, согласно Михаэлису, так и коллоидные мембраны, залитые водой через 10 мин. после изготовления.

Приведенный здесь и ранее опытный материал, а также проводимые нами опыты, дающие возможность характеризовать улавливание звука поляризованными металлическими электродами, свидетельствуют о том, что эти характеристики как для поляризованных электродов, так и для поляризованных мембран имеют весьма много общего.

Л И Т Е Р А Т У Р А

[1] J. Gen. Physiol., 8, 33 (1925). — [2] J. Gen. Physiol., 18, 515 (1935). — [3] J. Gen. Physiol., 18, 933 (1935).

Поступило в Редакцию
19 мая 1939 г.

* В опытах 1 и 2 использована одна и та же коллоидная мембрана, имеющая толщину $d = 0.02$ мм, в опытах 3 и 4 — другая, несколько толще, $d = 0.05$ мм.

Отметим, что при замене электролита одной концентрации электролитом другой концентрации, необходимо промывание мембран под током. Такое промывание мы производили в течение не менее часа.