

Калкана) имеет два максимума — вблизи 65 и 125 гц (фиг. 3) *. В звуке отдаленных осыпей (пески Аккум-Калкана) сохраняется только низкочастотный максимум — 64 гц (фиг. 4). При загребании песка рукой наиболее сильный звук получается в заключительной стадии процесса. Для сравнения мы приводим спектрограмму звучания песка при загребании рукой, полученную нами от песка на реке Оке (вблизи села Велегож, Тульской области) при слабом ветре и температуре воздуха 24°. По своему характеру звучание здесь напоминало визжание со свистом, максимум энергии приходился на частоту 100 гц (фиг. 5). Различия в характере звучания песка Аккум-Калкана и Оки объясняются тем, что условия возбуждения и свойства песка этих мест не тождественны. Обращает внимание и общее: наибольшая акустическая энергия в обоих случаях приходится на частоты в диапазоне 64—125 гц.

Таковы основные акустические характеристики звучащих песков. Для решения вопроса о причинах звучания необходимы обстоятельные экспедиционные измерения внутреннего трения и вертикального температурного градиента в поверхностном слое звучащего массива.

ЛИТЕРАТУРА

1. С. В. Обручев. Из истории исследования поющих песков. Природа, 1950, 7, 53—54.
2. В. П. Бочкарев. Поющие пески в Илийской впадине. Природа, 1961, 12, 103—105.
3. Г. М. Илькун. Поющие пески. Природа, 1952, 9, 116—117.
4. В. В. Ламакин. Поющий песок на берегу Байкала. Природа, 1953, 9, 115—116.

г. Тула

Поступило в редакцию
14 сентября 1964 г.

УДК 534.29

ОПЫТЫ ПО СУШКЕ КОЛЛОИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ В СТОЯЧЕЙ ЗВУКОВОЙ ВОЛНЕ

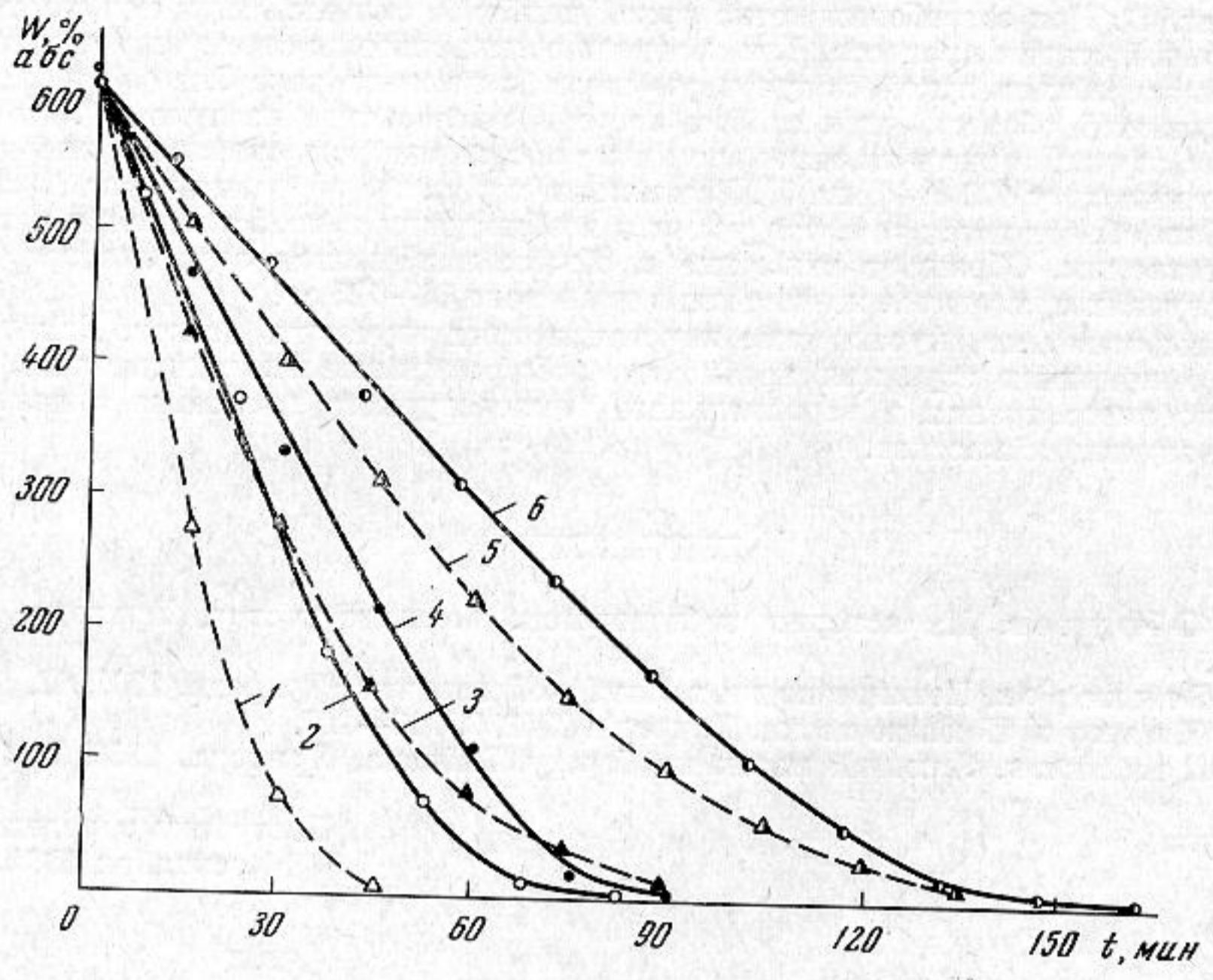
Ю. Я. Борисов, Н. М. Гынкина

При сушке тонких капиллярно-пористых материалов в стоячей звуковой волне [1] было обнаружено, что скорость удаления влаги зависит от плотности звуковой энергии, возрастая с ее увеличением. Отмечалось также, что звуковое давление не является тем физическим фактором, который непосредственно определяет процесс сушки. Представляло интерес проверить указанные выводы на материале с другим видом связи жидкой и твердой фазы. Такие исследования были проведены на желатине — типичном представителе коллоидных тел. Опыты выполнялись на установке, описанной в работе [1], с той лишь разницей, что стоячая волна в трубе создавалась путем отражения от открытого конца трубы. Это связано с тем, что при работе с образцами, имеющими высокое влагосодержание, необходимо удалять из трубы выделившуюся влагу с тем, чтобы не происходило насыщения воздуха парами воды. В случае использования открытой трубы коэффициент стоячей волны снижался и перепад давления между пучностью и узлом составлял 12 дб (в трубе с закрытым концом — 20 дб).

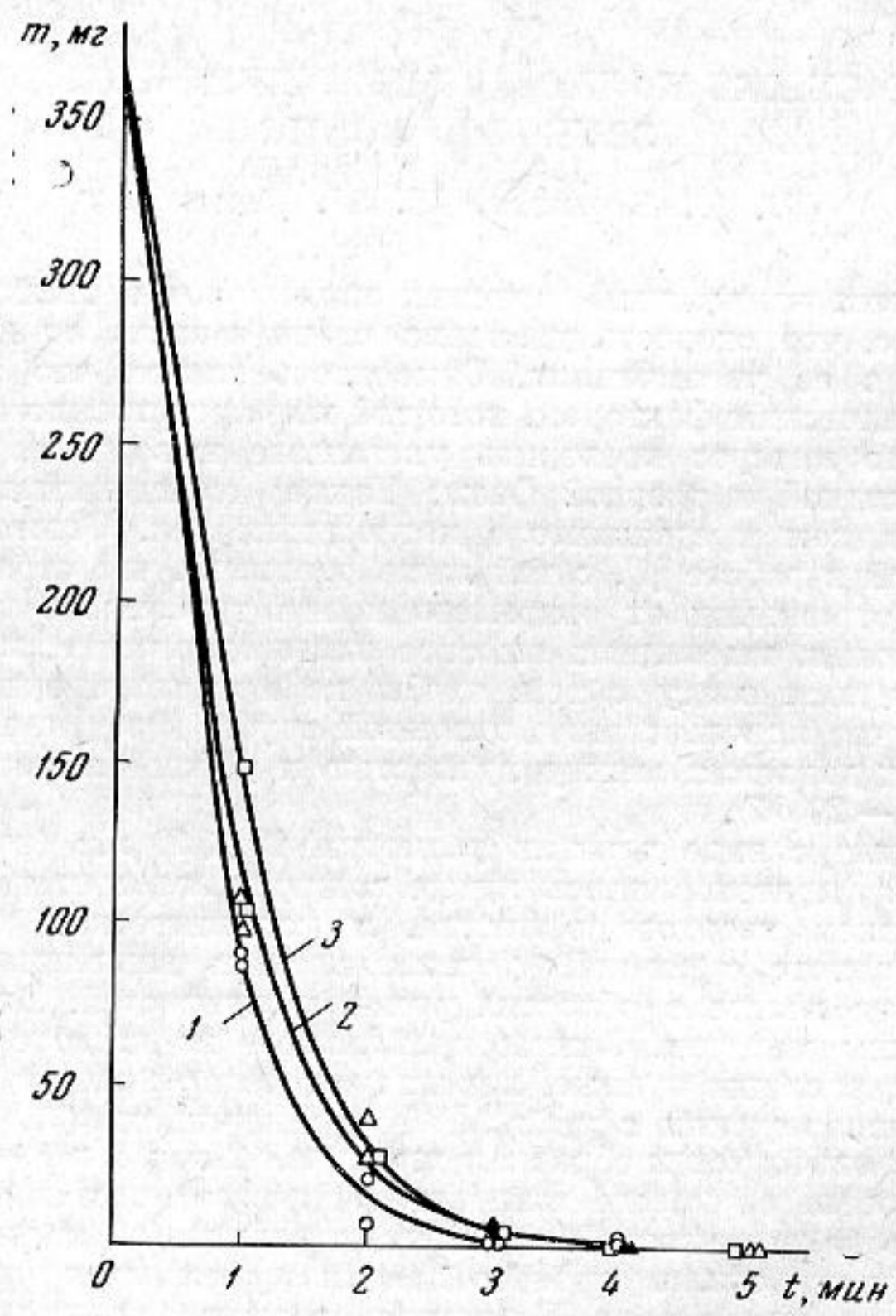
Образцы желатина в виде пластин размером 10×10 мм (толщина изменялась в пределах 2—5 мм) готовились путем заливки подогретого раствора, с определенным содержанием твердого вещества, в металлические рамки необходимой высоты. Образцы (вместе с рамкой) устанавливались перпендикулярно направлению распространения волны в областях узлов и пучностей. Влажность желатина определялась весовым методом. Опыты проводились на частоте 2,1 кгц.

На фиг. 1 представлены кривые, характеризующие процесс удаления влаги из образцов при их расположении в узле (1, 3, 5) и пучности (2, 4, 6) звукового давления. Кривые 1 и 2 относятся к образцам толщиной 2 мм; 3 и 4 — к 4 мм и, наконец, 5 и 6 — к 5 мм. Уровень звукового давления в пучности составлял 162 дб, температура воздуха в камере равнялась 27°. Для всех толщин образцов в течение периода постоянной скорости сушки процесс заметно ускоряется при переносе образцов из пучности давления в узел. Указанная зависимость хорошо согласуется с

* Сила звука на акустических спектрограммах дана в децибелах по отношению к произвольному уровню. Абсолютная градуировка регистрирующего тракта для наших целей не требовалась.



Фиг. 1



Фиг. 2

выводами работы [2] об ускорении процессов переноса массы в пучности скорости звуковой волны.

Тот факт, что разность в скоростях удаления влаги в узле и пучности увеличивается при уменьшении толщины образца и уменьшается с понижением влажности, по-видимому, свидетельствует об ускорении в акустическом поле, в основном, процесса внешнего переноса массы. На это же косвенно указывает быстрое образование на поверхности образца при высоких плотностях звуковой энергии твердой корочки, препятствующей дальнейшему удалению влаги. В связи с этим для толстых образцов нерационально использовать высокие уровни звукового давления, тем более, что как показал эксперимент, при снижении давления со 162 до 157 *дб*, т. е. уменьшения энергии в 3 раза скорость сушки изменяется лишь в 1,5 раза.

Следует отметить, что разница в скорости удаления влаги при расположении образцов в узле и пучности стоячей волны наблюдается только при сравнительно больших перепадах давления (колебательной скорости) в указанных областях. При снижении коэффициента стоячей волны разница в скорости сушки в различных точках поля уменьшается и уже в поле с перепадом давления в 7 *дб* удаление влаги в узле и пучности идет почти одинаково.

Кроме описанных опытов с желатином в виде толстых образцов, были проведены опыты по сушке 35 мм киноплёнки МЗ-2 на нитрооснове.

Работа проводилась в камере, диаметром 180 мм и длиной 1 м; источником звука служил излучатель ГСИ-4 [3], работавший без выброса воздуха в камеру озвучивания. В последней были созданы условия, при которых на частоте 6,6 *кГц* звуковое поле приближалось к диффузному. Средний уровень звукового давления *p* в камере составлял 160 *дб*, температура воздуха *t* равнялась 17°.

На фиг. 2 представлены кривые удаления влаги из образцов, длиной 9 см при различной их ориентации: 1 — эмульсионным слоем к источнику звука, 2 — подложкой, 3 — параллельно направлению распространения звуковой волны. Как и следовало ожидать, ориентация эмульсионного слоя по отношению к источнику звука в поле, приближающемся к диффузному, слабо влияет на скорость удаления влаги. В той же камере был проведен ряд опытов по сушке пленки длиной 2—3 м, закрепленной в специальной кассете, которая устанавливалась в поперечном сечении трубы таким образом, что пленка, намотанная на кассету по спирали, располагалась параллельно направлению распространения звука. Выделявшаяся при сушке влага, выносилась в окружающее пространство, т. к. дно камеры озвучивания было открыто. Опыты показали, что максимальное время сушки киноплёнки, при указанных выше значениях *p* и *t* не превышало 4—5 *мин* (без звука время сушки при *t* = 17° составляет 80 *мин*). Для сравнения укажем, что в существующих сушильных аппаратах процесс длится около 12 *мин* при обдуве пленки воздухом, нагретым до 25°.

Полученные ранее закономерности для капиллярно-пористых материалов, с учетом результатов опытов по сушке коллоидных веществ, позволяют сделать вывод о существенном влиянии акустической энергии на процесс удаления влаги с поверхности материала.

Вопрос, в какой мере упругие колебания воздействуют на процесс внутреннего массообмена, остается пока открытым. Тот факт, что наибольшее ускорение процесса сушки наблюдается в пучности скорости дает основание считать, что механизм ускоряющего действия при внешнем массопереносе состоит в разрушении пограничного слоя у поверхности материала. Является ли это следствием возникновения микропотоков или имеет другую природу, требует специальных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ю. Я. Борисов, Н. М. Гынкина. К вопросу об акустической сушке в стоячей звуковой волне. Акуст. ж., 1962, 8, 1, 129—131.
2. D. J. R. Low, J. W. Hodgins. The effect of acoustic turbulence on mass transfer at a column wall. Canad. J. Chem. Eng., 1963, 41, 6, 241—245.
3. Ю. Я. Борисов, В. Н. Гинин, Н. М. Гынкина. Исследование стержневого газоструйного излучателя типа ГСИ-4. Акуст. ж., 1965, 11, 2, 140—147.

Акустический институт АН СССР
Москва

Поступило в редакцию
19 ноября 1964 г.