

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени М. В. Ломоносова

XXV Международная конференция  
студентов, аспирантов и молодых ученых  
по фундаментальным наукам



Международный  
молодежный научный форум

**“ЛОМОНОСОВ–2018”**

Секция **“ФИЗИКА”**

Подсекции:

**“БИОФИЗИКА”**

**“МЕДИЦИНСКАЯ ФИЗИКА”**

**Сборник тезисов докладов**

МОСКВА  
Физический факультет МГУ  
2018

## ИССЛЕДОВАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ТРАНСКАТЕТЕРНЫХ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ИМПЛАНТОВ

Чирятьева А.Е.

Новосибирский ГУ, Новосибирск, Россия  
E-mail: alexandra.chiryatjeva@yandex.ru

По данным Всемирной организации здравоохранения заболевания сердца и сосудов занимают лидирующую позицию среди причин смертности во всем мире. Одна из наиболее распространенных патологий — врожденный или приобретенный порок сердца. Дисфункция клапанов приводит к нарушениям работы сердца. Кроме медикаментов лечение может включать в себя хирургическую замену клапана. В настоящее время биологические протезы клапанов сердца делают из ксенографта — свиного либо бычьего перикарда. Он обеспечивает необходимые физические свойства и биосовместимость. Однако биопротезы клапанов не обладают достаточной долговечностью. Кальцификация створок приводит к стенозу клапана (уменьшению просвета) и регургитации (обратному току крови). В связи с этим пациенты младшего возраста нуждаются в повторной операции при снижении эффективности работы имеющегося протеза.

Искусственные клапаны сердца могут обеспечить большую долговечность. Современные полимерные материалы отвечают требованиям к толщине и эластичности. Кроме того, использование гибких створок позволяет избежать хирургического вмешательства на открытом сердце и снизить травматичность операции, проводя малоинвазивные транскатетерные замены клапанов (*trans catheter valve replacement, TVR*).

Полимерная индустрия производит материалы с различными характеристиками. Чтобы сконструировать клапан, аналогичный натуральному, необходимо определить существенные параметры — модуль упругости, прочность, изотропность, микроструктуру.

В рамках данной работы изучались образцы политетрафторэтилена (*expanded polytetrafluoroethylene, ePTFE*) — полимерного материала, используемого в мировой кардиохирургической практике, в сравнении с биологическим материалом.

Было проведено исследование образцов перикарда и *ePTFE* различных производителей. Получены зависимости напряжения в образцах от относительного удлинения. Вычислены принципиальные характеристики, получены микроскопические изображения структуры материала.

## ГЕЛЕВЫЕ ФАНТОМЫ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ТКАНИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ В НЕИНВАЗИВНОЙ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ХИРУРГИИ

<sup>1</sup>Медведева Е.В., <sup>2</sup>Гопин А.В., <sup>1</sup>Росницкий П.Б.

МГУ им. М.В. Ломоносова, <sup>1</sup>физический, <sup>2</sup>химический факультет Москва,  
E-mail: medvedeva.ev15@physics.msu.ru

В настоящее время активно развивающимся направлением медицинской физики является акустическая диагностика и неинвазивная хирургия. Однако медицинское оборудование перед клиническим применением требует тестирования и настройки на опытных образцах. Для этих целей работать с тканями *in vivo* не всегда возможно, в то время как *ex vivo* ткани быстро изменяют свои акустические и тепловые свойства после извлечения, поэтому важной областью исследований является создание гелевых фантомов с контролируемыми параметрами, способными имитировать биологические ткани [1]. Ещё одной областью применения гелей является возможность заключения в них биологических образцов для дальнейшего облучения. Целью данной работы было осво-

ение процесса изготовления гелевых фантомов из полиакриламида и агара, а также исследование возможности регулирования их параметров.

Полиакриламидный (ПАА) гель изготавливается путем полимеризации мономерных молекул акриламида (АА), растворенных в дистиллированной воде в присутствии N,N'-метилен-бисакриламида (БИС), формирующего поперечные сшивки, персульфата аммония, являющегося инициатором реакции полимеризации и N,N,N',N'-тетраметилэтилен-диамида (ТМЭДА), выступающего в качестве катализатора [2]. Преимуществом данного геля является близость значений его акустических параметров соответствующим значениям в биологических тканях [2, 3]. Исключение составляет коэффициент поглощения, который тем не менее можно регулировать путем примеси в исходный раствор BSA — животного белка. Однако, добавление BSA в свою очередь сильно влияет на прозрачность и хрупкость фантома. Кроме того, важнейшим свойством ПАА геля для использования его в экспериментах по ультразвуковой хирургии является его оптическая прозрачность для обеспечения визуализации разрушений, создаваемых в геле сфокусированным ультразвуковым пучком. Основным фактором, определяющим прозрачность геля, является концентрация сшивателя БИС относительно акриламида. В предыдущих работах отношение БИС к АА составляло 1 часть к 19, что позволяло получить довольно мутный фантом [2]. Одной из целей данной работы было подобрать концентрацию сшивателя для получения прочного, но оптически прозрачного ПАА геля без добавления BSA.

Другим достаточно широко используемым фантомом является гель, сделанный из агара: растительного заменителя желатина [4]. Такой гель обладает рядом преимуществ, среди которых относительная простота изготовления (кипячение воды с добавлением сухого концентрата) и невысокая стоимость. В отличие от ПАА он нетоксичен, однако менее прозрачен. Порошок агара не растворим в холодной воде, он полностью растворяется только при температурах от 95 до 100 градусов. Далее, при охлаждении до температур 35–40° он становится чистым и крепким гелем. Данный гель имеет свойство термообратимости: при нагревании до 85–95° он опять становится жидким раствором, снова превращаясь в гель при 35–40° градусах. С использованием этих свойств предложен оригинальный метод приготовления геля на основе агара для удобного заключения в него гематом из свиной крови.

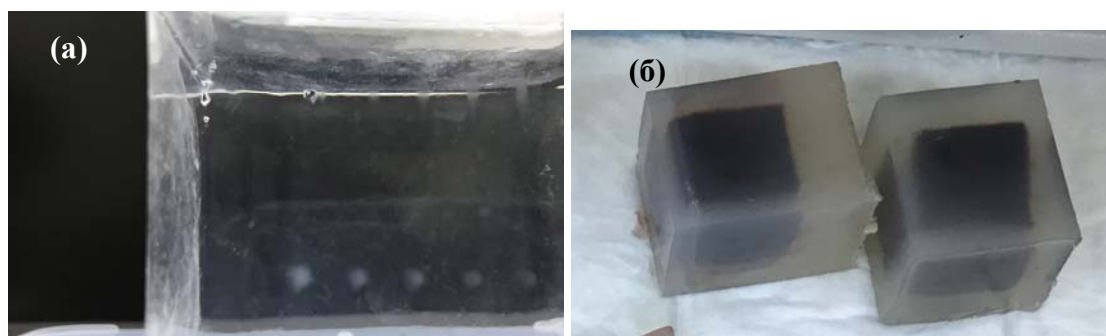


Рис. 1. (а) Полиакриламидный гель после эксперимента по облучению фокусированным ультразвуком: видны помутнения геля, которые являются следствием создания одиночных разрушений. (б) Гематомы (свернувшаяся свиная кровь), заключенные в гель из агара. Слева виден еле заметный переход от основного объема геля к подложке.

В работе были опробованы различные соотношения БИС к АА: 1 к 19, 1 к 50 и 1 к 100. В первых двух случаях получался мутный гель, в котором разрушения были с трудом различимы. Последнее соотношение 1 к 100 позволило получить абсолютно прозрачный гель, не уступающий первым двум по прочности, в котором хорошо видны ультразвуковые разрушения (рис. 1 а).

Для заключения гематом внутри геля из агара предложен следующий метод: сначала в прямоугольной форме делается подложка из геля толщиной 1–2 см, которая осту-

жается до полного застывания. После чего сверху наливается кипящий раствор агара, который вследствие термообратимости подложки частично расплавляет ее верхний слой. После этого, при температуре около 45 градусов, в гель помещается гематома, которая кладется на частично расплавившуюся верхнюю подложку. При полном застывании оказывается, что гематома заключена внутри геля, а подложка и гель полностью срослись (рис. 1б). Такой метод заключения образца в гель очень важен для экспериментов с различными мягкими тканями, поскольку зачастую их практически невозможно повесить в геле без повреждений, не используя подложку.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №16-02-00653.

### Литература

1. King R.L., Liu Y., Maruvada S., Herman B.A., Wear K.A., Harris G.R. Development and Characterization of a Tissue-Mimicking Material for High-Intensity Focused Ultrasound// IEEE Trans. on Ultrasonics, Ferroelectrics and Freq. Contr. 2011. V. 58 (7). P. 1397–1405.
2. Khokhlova V. A., Bailey M. R., Reed J. A., Cunitz B. W., Kaczkowski P. J., et al. Effects of nonlinear propagation, cavitation, and boiling in lesion formation by high intensity focused ultrasound in a gel phantom. Journal of the Acoustical Society of America. 2006. V. 119 (3), P. 1834–1848.
3. Lafon C., Zderic V., Noble M.L., Yuen J.C., Kaczkowski P.J., et al. Gel phantom for use in High-Intensity Focused Ultrasound Dosimetry// Ultrasound Med. Biol., 2005. V. 31 (10). P. 1383–1389.
4. Dunmire B., Kucewicz J.C., Mitchell S.B., Crum L.A., Sekins K.M. et al. Characterizing an agar-gelatine phantom for image guided dosing and feedback control of High-Intensity Focused Ultrasound// Ultrasound Med. Biol, 2013. V. 39 (2). P. 300–311.

## ВЛИЯНИЕ ВИДЕОСТИМУЛЯЦИИ НА УРОВНИ НЕЙРОМЕДИАТОРОВ В ЗРИТЕЛЬНОЙ КОРЕ ГОЛОВНОГО МОЗГА ЧЕЛОВЕКА *in vivo* ПО ДАННЫМ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

<sup>1</sup>Яковлев А.Н., <sup>2,3</sup>Манжурцев А.В., <sup>2,4</sup>Меньщиков П.Е.

<sup>1</sup>МГУ им. М.В. Ломоносова, физический факультет, Москва, Россия

<sup>2</sup>НИИ неотложной детской хирургии и травматологии, Москва, Россия

<sup>3</sup>ИБФ им. Н.М. Эмануэля РАН, Москва, Россия

<sup>4</sup>ИХФ им. Н.Н. Семёнова РАН, Москва, Россия

E-mail: yakovlevalekcej@bk.ru

Глутамат (Glu) и  $\gamma$ -аминомасляная кислота (GABA) являются основными нейромедиаторами (возбуждающим и тормозным, соответственно) в головном мозге человека. Отличным способом исследования ответа на нейростимуляцию концентраций [GABA] и [Glu] в мозге *in vivo* является функциональная магнитно-резонансная спектроскопия.

Проблема в регистрации сигнала GABA в <sup>1</sup>H MR спектрах мозга человека с помощью стандартных медицинских томографов ( $B_0 \leq 3$  T) — перекрывание всех сигналов GABA значительно более интенсивными сигналами других метаболитов. Для выделения сигнала GABA можно применять спектральное редактирование, которое используют наличие спин-спинового (J) взаимодействия между  $\beta$  и  $\gamma$ -протонами (рис. 1а). Введение частотно-селектирующего импульса (ЧСИ) на  $\delta = 1,9$  ppm (сигнал  $\beta$ -CH<sub>2</sub>) в стандартную импульсную последовательность PRESS позволяет избавиться от перекрывания путем вычитания спектра с ЧСИ из PRESS спектра. Полученный таким образом спектр содержит суммарный сигнал GABA+, состоящий из сигналов  $\gamma$ -CH<sub>2</sub> и N-CH<sub>2</sub> неидентифицированных макромолекул (ММ) (рис.1б). Малые изменения GABA могут маскироваться сигналами макромолекул, поэтому целью настоящей работы является характеристика влияния нейростимуляции на интенсивность сигнала