

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ  
ГОУ ВПО «КРАСНОЯРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.П. АСТАФЬЕВА»

**ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ  
РАЗВИТИЯ ФИЗИЧЕСКОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ**

*Материалы Международной  
научно-практической конференции,  
посвященной памяти академика Л.В. Киренского*

*Красноярск, 9–11 апреля 2009 г.*

КРАСНОЯРСК 2009

ББК 22.3  
П 78

Редакционная коллегия:  
Тесленко В.И. (отв. ред.),  
Трубицина Е.И., Дроздова И.А.,  
Залезная Т.А., Чиганов А.С.

**П 78 Проблемы и перспективы развития физического образования:** материалы Международной научно-практической конференции, Красноярск, 9–11 апреля 2009 г. / отв. ред. В.И. Тесленко; ред. кол.: Краснояр. гос. пед. ун-т им. В.П. Астафьева. – Красноярск, 2009. – 240 с.

*Печатается при финансовой поддержке Гранта КГПУ им. В.П. Астафьева №11-09-21 ОК.*

ББК 22.3

© Красноярский  
государственный  
педагогический  
университет  
им. В.П. Астафьева,  
2009

наличие наведенной анизотропии. В процессе численного моделирования такой нанопроволоки не удалось зафиксировать поле аннигиляции. Этому приведены теоретические обоснования. Как только стенки встречаются, тут же происходит исчезновение домена обратной намагниченности без необходимости приложения большего внешнего поля. Это важное отличие от случая обменно связанных кристаллитов, где после столкновения стенок они останавливались, и для окончательного переворота намагниченности необходимо было приложить поле большее, чем поле старта стенок. Процесс пиннинга стенок в случае отсутствия обмена между кристаллитами происходит аналогично тому, как и в обменно связанной цепочке.

### **Библиографический список**

1. Henry, Y., Iovan, A. Phys. Rev. B 66, 184430 (2002).
2. Sorop, T.G., Untiedt, C., Luis, F., Kroll, M., Rasa, M., de Jongh, L.J. Phys. Rev. B 67, 014402 (2003).
3. Иванов А.А. ФММ 38, №1, 14 (1974).
4. Иванов А.А., Орлов В.А., Патрушев Г.О. ФММ 103, 1 (2007).

*М.А. Битехтина, И.С. Виноградова*  
*Сибирский государственный*  
*технологический университет, Красноярск*

**О.В. Фалалеев**  
*Институт физики им. Л.В. Киренского СО РАН,*  
*Красноярск*

### **ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ВОДЫ В СЕМЕНАХ РАСТЕНИЙ МЕТОДОМ ЯМР ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕ- НИЯ НА ЯДРАХ ПРОТОНОВ МОЛЕКУЛ ВОДЫ**

Вода является одним из основных компонентов живой ткани. Ее содержание доходит до 80 %. Это определяет важность исследования структуры воды в биологиче-

ских объектах и природы ее взаимодействия с биологическими молекулами. Для функционирования живых организмов важны не только их общая оводненность, сколько то состояние, в котором находится в них вода. Это состояние характеризуется термодинамическими, структурными и физико-химическими параметрами.

Существует несколько моделей состояния воды в биологических системах, которые менялись по мере накопления экспериментальных данных и благодаря привлечению к этим исследованиям современных физико-химических методов. Вначале в классических монографиях по физиологии растений вся вода рассматривалась как единая упорядоченная система, связанная структурными элементами клетки [1]. Вторжение биофизических методов в биологию привело к появлению идеи о преобладании жидкой (несвязанной) воды в растениях. Согласно этим моделям связанная вода могла составлять от 1 до 3 % общего содержания воды и она располагалась в виде одного или нескольких слоев вокруг биологических молекул [2]. В настоящее время принято считать, что вода в любых биологических объектах представляет сложную гетерофазную структуру, включающую несколько ее модификаций с разным типом взаимодействий с биологическими молекулами. Это гидратносвязанные взаимодействия с полярными группами макромолекул, гидрофобностабилизированные водные ассоциаты на неполярных участках макромолекул, капиллярная вода и ряд других её модификаций.

Метод ядерного магнитного резонанса успешно использовался ранее для исследования состояния воды в биологических системах и оказался весьма информативным, особенно для слабооводненных объектов, к которым относятся семена. Особенно успешным оказалось использование импульсных методов ЯМР, которые позволяют определять времена релаксации протонов  $T_1$  и  $T_2$ , а также коэффициент самодиффузии, характеризующий интенсивность поступательного движения молекул воды.

Из исследований времен релаксации протонов в семенах растений [3] было показано, что в них имеется несколько

фракций воды разной степени подвижности и связанной с различными типами биополимеров.

Нами проведено исследование спектров ЯМР высокого разрешения протонов на семенах фасоли сорта *Лима*, которые предварительно набухали в воде. Спектры ЯМР записывались на спектрометре высокого разрешения фирмы «Bruker» со сверхпроводящим магнитом на 4,7 Тл в Красноярском региональном центре коллективного пользования СО РАН. Типичный спектр для одного образца при комнатной температуре (25°C) приведен на рис. 1а. На нем выделяются три компонента с химсдвигами 3,8 м.д. (наиболее интенсивная компонента), 2,8 м.д. и 0,4 м.д. (наиболее слабая компонента). Таким образом, в спектре ЯМР четко различаются три фракции воды, которые связаны с различными биополимерами. Фракцию, которая дает наиболее интенсивную линию в спектре, мы обозначили под № 3 и отнесли ее к воде, связанной с молекулами крахмала. Содержание крахмала в семенах Лимы доходит до 60 %. Он выполняет роль буфера и обеспечивает сохранность семян в воздушно-сухом состоянии и блокирует воздействие на семена колебания влажности в окружающей среде. Эти колебания влажности не вызывают гибели семян. Крахмал сравнительно быстро набирает воду и также легко ее отдает, его можно полностью обезводить в эксикаторе, что проверялось нами на картофельном крахмале.

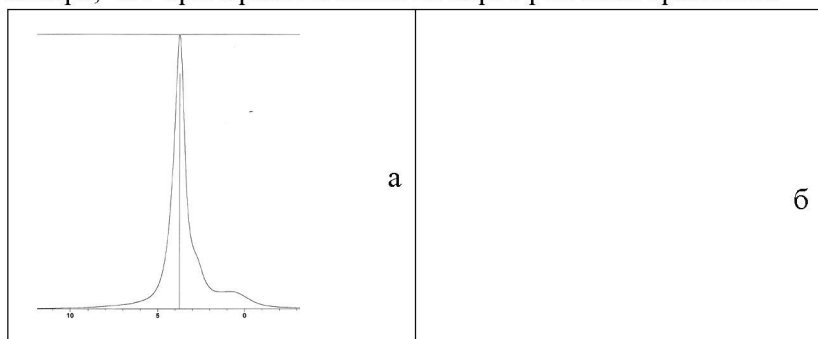


Рис. 1. Спектры ЯМР высокого разрешения протонов в семенах фасоли.: а) семена фасоли *Лима*, прошедшие стадию набухания; б) воздушно-сухие семена фасоли сорта *Сакса*

Рядом с крахмальной расположена следующая фракция с химсдвигом 2,8 м.д., мы ее обозначили под номером 2, линию самой слабой интенсивности с химсдвигом 0,4 м.д. мы обозначили под номером 3. Все линии уширены по сравнению со спектром капельной воды, их ширина составляет порядка 200 Гц при комнатной температуре, что говорит о том, что все фракции воды связаны различным типом взаимодействий с биологической матрицей.

На рис. 1б приведен спектр ЯМР протонов воздушно-сухих семян фасоли сорта *Сакса*. Семена после созревания переходят в это состояние и могут долго в нем сохраняться, пока контакт с водой не переведет их в стадию набухания и прорастания. На спектре выделяются две компоненты от молекул воды, при этом крахмальная часть спектра имеет значительно меньшую интенсивность. При высыхании семян интенсивно испаряется вода, связанная с крахмалом, и за счет этого более разрешенной становится компонента № 1. Таким образом, действительно крахмал в семенах фасоли является буфером, защищающим их от колебаний влажности. На спектре присутствует также широкая компонента, которая полностью не прописывается, видна только ее верхушка. Это сигнал от протонов, входящих в состав биологических молекул, для его полной регистрации удобно использовать ЯМР широких линий.

Компоненту № 3 мы относим к белковой части семян исходя из того, что эта часть должна быть наиболее стабильной и трудно извлекаемой всеми типами физических воздействий. В частности, сушка семян – переход их из состояния набухших до воздушно-сухих, приведенный нами на примере рис. 1а и б, показывает, что крахмальная вода легко удаляется, а белковая удаляется труднее и ее интенсивность в воздушно-сухих семенах больше, чем у крахмальной воды. Фракцию № 2 мы пока не идентифицировали, для этого требуются дополнительные эксперименты.

Согласно литературным данным в семенах должна присутствовать четвертая фракция – компонента от капельной воды, которая имеется в набухших семенах. Нами проводи-

лись специальные эксперименты с целью обнаружения этой фракции. Для этого в пробирку с набухшим образцом мы доливали воду. Это позволило нам обнаружить узкий сигнал от этой фракции воды, который на шкале химсдвигов располагается в той же области, что и крахмальная вода. Поэтому в спектрах семян отдельной компоненты от капельной воды мы не обнаруживаем.

Нами проведены исследования спектров ЯМР набухших семян фасоли *Лима* при понижении температуры от комнатной до  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Результаты приведены на рисунке 2. В интервале температур от  $0$  до  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  исчезает компонента № 2, что может быть связано с замерзанием этой фракции воды. С понижением температуры от комнатной линии ЯМР компоненты № 1 и 3 уширяются и уменьшается их интенсивность, причем сильнее меняется компонента, относящаяся к крахмальной воде. Таким образом, для двух фракций воды (1 и 3) не происходит резкого перехода их из жидкой фазы в твердую при переходе через точку замерзания капельной воды, близкую к  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а имеет место постепенное уменьшение их подвижности, вследствие этого – увеличение вязкости соответствующих фракций воды.

Таким образом, использованная нами методика оказалась весьма информативной для изучения процессов взаимодействия биологических полимеров с водой.

Работа выполнена при поддержке целевой программы РНП ВШ (развитие научного потенциала высшей школы), проект № 2.1.1/2584.

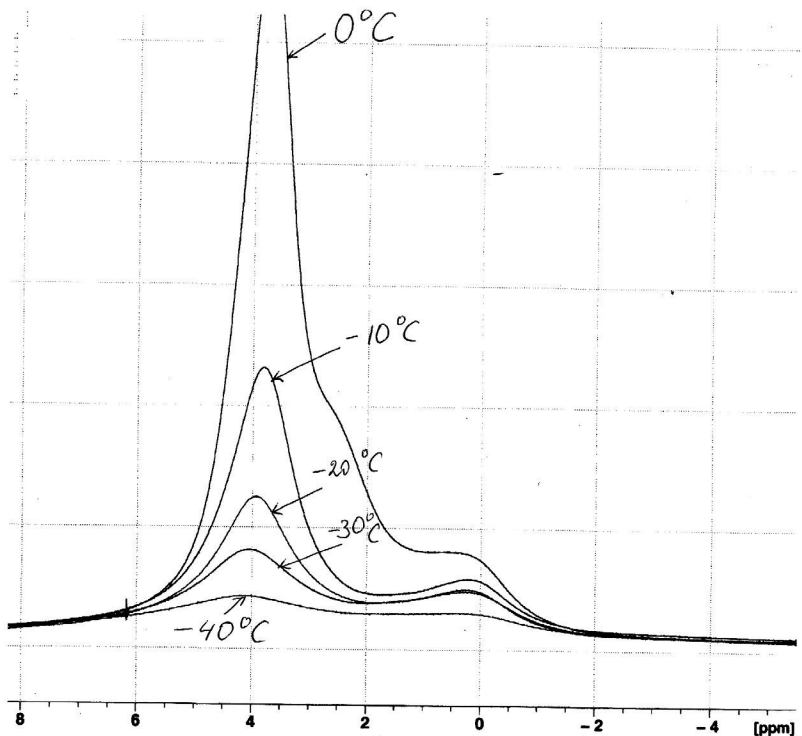


Рис. 2. Температурная зависимость спектров ЯМР высокого разрешения протонов молекул воды в набухших семенах фасоли сорта Лима

### Библиографический список

1. Сабинин, Д.А. Физиологические основы питания растений / Д.А. Сабинин. – М.: Изд-во АН СССР, 1955. – 509 с.
2. Абецдарская, Л.А. Биофизика. Т. 13 / Л.А. Абецдарская, 1968. – С. 630–636.
3. Аскоченская, Н.А. Физиология растений. Т. 17. Вып. 1 / Н.А. Аскоченская, С.И. Аксенов, 1970. – С. 116–122.



5	Основы сканирующей туннельной микроскопии (СТМ). Общие принципы работы микроскопа NanoEducator в туннельном режиме. Проведение эксперимента в туннельном режиме работы. Анализ и обработка изображения. Градиентные фильтры. Фильтры резкости. Письменная самостоятельная работа «СТМ»	4	1	2	1
6	Основы сканирующей зондовой литографии (СЗЛ). Изучение физических основ (СЗЛ). Виды (СЗЛ). Литография авторского изображения. Анализ и обработка изображения. Письменная самостоятельная работа «СЗЛ»	4	-	3	1
7	Исследование поверхности биологических объектов. Обработка и количественный анализ СЗМ изображений	2	-	1	1
8	Самостоятельная подготовка образцов, исследование и оформление результатов исследования образца (8 часов)	8	-	7	1

*Е.Э. Безбородова, Л.В. Кашкина*  
*Институт инженерной физики и радиоэлектроники*  
*Сибирского федерального университета,*  
*Красноярск*

**ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ  
ФУЛЛЕРЕНСОДЕРЖАЩИХ САЖ ПРОИЗВОДСТВА  
ООО «НЕОТЕКПРОДАКТ»**

Работа посвящена изучению физических свойств фуллереновой сажи, полученной методом плазменно-дугового способа испарения графитовых стержней в разряженной гелиевой атмосфере с целью ее дальнейшего использования в качестве присадок к смазочным маслам. Изготовитель сажи – ООО «НеоТекПродакт», Санкт-Петербург.

Развитие нанотехнологий в последние годы приобретает все большее значение. Ученые ищут возможности эффективного применения в промышленности наноматериалов, полученных в лабораторных условиях [1, 2].

Надежность и работоспособность машин и агрегатов во многом обеспечивается безотказной работой опор скольжения, характеристики которых обуславливают общие показатели их надежности и долговечности. Перспективным направлением является улучшение трибологических свойств смазочных материалов за счет различных видов порошковых добавок. Имеются данные об уменьшении коэффициента трения пары сталь – медь при введении в промышленное смазочное масло И-40А порошка фуллерена С60 в количестве 5 вес.% [3].

На рис. 1 представлены два наиболее характерных типа зависимостей момента трения ( $M$ ) от времени. Кривая 1 характерна для чистого масла И-40А – рост момента трения, приводящий к задиру, начинается при достаточно низких нагрузках (300–600 N), в то время как узел трения со смазкой, содержащей С60 (кривая 2), способен длительное время работать при нагрузках в диапазоне 800–1200 N. При