



## ЭКСПРЕСС-МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ВОДОЁМОВ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЯВЛЕНИЯ ЯДЕРНОГО МАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА

**А.В. Черемисин<sup>1,2</sup>, Н.С. Мязин<sup>1</sup>, В.В. Давыдов<sup>1,2</sup>, А.П. Глинушкин<sup>2</sup>,  
Ю.В. Рудь<sup>2</sup>, М.Е. Куликова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого*  
Россия, 195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29;

<sup>2</sup>*Всероссийский научно Исследовательский Институт Фитопатологии*  
России 143095, Московская область, Одинцовский район, Большие Вязёмы,  
ул. Институтская, строение 5  
**e-mail:** laksacher@yandex.ru

В работе рассмотрена методика мониторинга в экспресс-режиме состояния окружающей среды на основе явления ядерного магнитного резонанса (ЯМР). Контроль в экспресс-режиме является неотъемлемой частью сельского хозяйства, поскольку при работе на фермах или в полях бывают ситуации, когда физически невозможно доставить образцы на исследование в стационарную лабораторию (результаты нужны срочно или образцы могут изменить свои свойства в процессе транспортировки).

Одна из основных задач, которую нам пришлось решать – это разработка новой конструкции лабораторного малогабаритного ядерно-магнитного спектрометра, позволяющего (в отличие от ЯМР релаксметров) регистрировать сигналы ЯМР от различных ядер с магнитными моментами, содержащимися в пробе исследуемой среды. Кроме того, малогабаритный ЯМР спектрометр должен обладать высокими точностными характеристиками (погрешность измерения не выше 1%), легко транспортироваться, иметь автономное питание (аккумуляторные батареи). Результаты измерений, выполненные этим прибором, после преобразования должны подаваться на вход ноутбука, где происходит их обработка и выдача итоговой информации о состоянии исследуемой среды [1,2].

Структурная схема разработанной конструкции малогабаритного ЯМР спектрометра представлена на рис.1. Новая малогабаритная магнитная системы была изготовлена с использованием магнитов из материала NdFeB в форме диска 1 с большой остаточной индукцией. Уменьшение степени неоднородности магнитного поля в новой конструкции магнитной системы удалось достичь размещением на полюсах магнитов вставок 2 в виде ступенек (шиммов) из мягкого магнитного материала (АРМКО-железо) [3,4].

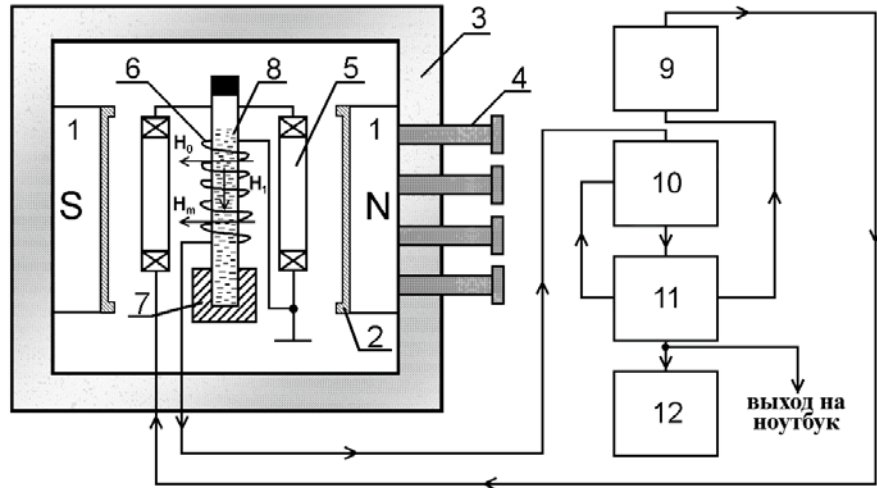
Вес магнитной системы составил 2.84 кг, размер 168×132×114 мм. Данные параметры позволяют считать изготовленную магнитную систему малогабаритной по сравнению с магнитными системами стационарных ЯМР-спектрометров и релаксметров.

Для регистрации сигналов ЯМР в новой конструкции магнитной системы с использованием модуляционной методики был разработан измерительный зонд. В его состав входит катушка регистрации 6, катушки модуляции 5 и устройство для размещения контейнера (кюветы) 7 (рис. 1).

Исследуемая среда помещается в кювету и размещается в магнитной системе 1 (рис.1), в которой регистрируется сигнал ЯМР. На рис. 3 в качестве примера представлены



зарегистрированные сигналы ЯМР (изменение напряжения  $U_s$  на выходе автодинного детектора 10 от времени  $t$ ) от воды на резонансной частоте ядер водорода (протоны)  $f_H = 5705643$  Гц. В исследованиях используется схема накопления. После 128 накоплений (по времени - это меньше 1 s) сигнал ЯМР приобретает устойчивую форму линии, позволяющую проводить измерения [5].



**Рис. 1.** 1 — постоянный магнит; 2 — вставки (шиммы); 3 — нейтраль для размещения и центровки магнитов; 4 — регулировочные винты; 5 — катушки модуляции; 6 — катушка регистрации сигнала ЯМР; 7 — фиксирующее устройство для контейнера с исследуемой средой; 8 — контейнер с исследуемой средой; 9 — радиочастотный генератор; 10 — автодинный детектор; 11 — устройство обработки и управления; 12 — осциллограф

Применение новой разработанной конструкции малогабаритного ЯМР спектрометра, в которой реализованы усовершенствованные методики регистрации сигнала ЯМР позволило существенно расширить возможности экспресс-контроля состояния сельскохозяйственных угодий и водоемов, а также более эффективно решать другие задачи, связанные с экологией.

Используя информацию от зарегистрированного в слабом магнитном поле спектра поглощения, можно идентифицировать среду по сигналу от ядер с магнитными моментами на месте проведения исследования, если информация о ней была утеряна.

Использование ЯМР метода позволяет также проверять в экспресс-режиме различную сельскохозяйственную продукцию (не только жидкого вида). Например, картошку, свеклу, огурцы или морковь на соответствие их установленным стандартам. Это возможно, так как в составе этих овощей содержатся химические элементы, ядра которых обладают магнитными моментами [7].

### Литература:

1. Davydov V. V., Dudkin V. I., Karseev A. Yu. (2014) Малогабаритный ядерно-магнитный релаксометр для экспресс-контроля состояния жидких и вязких сред (A compact nuclear magnetic relaxometer for the express monitoring of the state of liquid and viscous media). *Измерительная техника (Measurement Techniques)* 8: 44–48.
2. Davydov V.V., Myazin N.S. (2017a) Многофункциональный малогабаритный ядерно-магнитный спектрометр (Compact multifunction nuclear-magnetic spectrometer). *Измерительная техника (Measurement Techniques)*. 2017. 2: 58-62.



3. Davydov V.V., Myazin N.S., Davydova T.I. (2017b) Неразрушающий метод экспресс-контроля состояния конденсированных сред для экологического мониторинга (A nondestructive method for express testing of condensed media in ecological monitoring). *Дефектоскопия (Russian Journal of Nondestructive Testing)* 7: 52–61.
4. Davydov V.V., Myazin N.S., Velichko E.N. (2017c) Characteristics of spectrum registration of condensed medium by the method of nuclear-magnetic resonance in a weak field. *Technical Physics Letters* 43: 607–610.
5. Karseev A. Yu., Vologdin V.A., Davydov V.V. (2015) Features of nuclear magnetic resonance signals registration in weak magnetic fields for express - control of biological solutions and liquid medium by nuclear magnetic spectroscopy method. *Journal of Physics: Conference Series* 643: 012108.
6. Myazin N.S., Davydov V.V., Yushkova V.V., Davydova T.I., Rud' V.Yu. (2017) New nondestructive method for determining the composition of components in biological objects in express mode. *Journal of Physics: Conference Series* 917: 042017.



УДК 676.2.024

## ВИКОРИСТАННЯ МОДИФІКОВАНИХ ПШЕНИЧНИХ КРОХМАЛЬНИХ КЛЕЇВ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПАПЕРОВОГО ПОЛОТНА

**Ю. Ластов'як, Д. Назаренко, В. Плосконос**

*Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського*

пр. Перемоги, 37, Київ-56, 03056, Україна

**e-mail:** dimon.nazarenko.2015@mail.ru

Метою даної роботи є дослідження впливу модифікованих пшеничних крохмальних клеїв на комплекс фізико-механічних показників паперового полотна в процесі його формування.

Як відомо [1,2], вторинне волокно, яке отримують в процесі переробки макулатури, на сьогоднішній день є важливим джерелом вихідної сировини для виготовлення паперу та картону на підприємствах галузі. Разом з тим, часткова або повна заміна дорожчівартісної целюлози на макулатуру в композиції картонно-паперової продукції призводить до виникнення ряду технологічних проблем, хоча собівартість готової продукції знижується. Зважаючи на те, що основним цінним компонентом макулатури є целюлозні волокна, дослідження, які проведені під час виконання даної дослідницької роботи, спрямовані на максимально можливе утримання цих волокон паперовим полотном без суттєвого погіршення його якості.

З метою максимального уловлювання волокон на сітці папероробної машини та для утримання комплексу фізико-механічних показників продукції, що виготовляється на достатньо високому рівні, використовують крохмальні клеї.

В якості зміцнювальних агентів для паперового та картонного полотна крохмальні клеї широко використовуються у світовій практиці картонно-паперового виробництва [3]. Перспектива збільшення обсягів використання крохмалю в картонно-паперовій галузі пояснюється ще і тим, що крохмаль це поновлюваний природний продукт. Крохмаль є складним вуглеводом, який розглядається як продукт полімеризації, що містить у молекулі кілька тисяч моносахаридів. Роль крохмалів особливо зростає в умовах дефіциту високоякісного целюлозного волокна. Екологічними перевагами використання крохмалів