

Распределение ответов на вопрос «Обучение по каким направлениям (профилям) представляется для Вас наиболее интересным и перспективным?»

Ответ	Процент опрошенных, давших ответ
Компьютерное моделирование физических процессов	12
Физическая информатика	12
Теоретическая физика	11
Физика квантовых явлений	8
Ядерная физика и электроника	8
Физика ядерных реакторов	6
Физика твердого тела, Микро- и нанoeлектроника, Энергофизика, Оптика, Биофизика, Нанобиоматериалы и нанобиотехнологии	по 4 для каждого направления
Лазерная физика, Физика полупроводников, Физика наносистем	по 3 для каждого направления
Фотоника, Радиационное материаловедение, Функциональные наноматериалы, Физико-химическая инженерия и др.	2 и менее для каждого направления

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ результатов анкетирования абитуриентов: показывает необходимость реализации непрерывных образовательных программ и обоснованность выбора специальностей для них; подтверждает тенденцию на востребованность четырехлетних программ общего высшего образования; показывает нецелесообразность дробления на профили специальностей факультета во время вступительной компании.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Общегосударственный классификатор Республики Беларусь ОКРБ 011-2022 “Специальности и квалификации” Утвержден и введен в действие постановлением Министерства образования Республики Беларусь от 24 марта 2022 г. № 54 – Минск: Минобразование, 2022. – 235с.
2. Кодекс Республики Беларусь об образовании: по состоянию на 1 сент. 2022 г. – Мн.: НЦПИ Республики Беларусь, 2022. –512 с.

ЭПР- СПЕКТРОМЕТРИЯ СОДЕРЖАНИЯ НИКЕЛЯ В ПРОРОСТКАХ СЕМЯН ТАБАКА

И. И. Азарко, Е. А. Храмцова, С. В. Лобач, И. А. Карпович, Ю. В. Сидоренко

*Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030 Минск, Беларусь,
e-mail: azarko@bsu.by*

Проведено исследование по возможности экспресс-анализа определения накопительной способности растениями ионов металла посредством ЭПР спектрометра. Была исследована динамика изменения параметров спектров ЭПР при накоплении никеля в сухой фитомассе и зольном остатке проростков семян табака. Установлено, что введение в питательный раствор хлорида никеля от 10^{-4} М до 10^{-3} М приводит к

уменьшению отношения величины интенсивностей сверх широкого сигнала от ферромагнитных включений к интенсивности сигналов с $g = 2,1467$ и $g = 1,8599$, при этом относительное количество парамагнитных центров, отвечающих за сверхширокую линию с $g = 2,0152$ в проростках, выращенных при добавлении в питательную среду хлорида никеля монотонно снижается при увеличении ширины линии от 320 до 480 Гс.

Ключевые слова: ЭПР; хлорид никеля; биологические объекты.

EPR SPECTROMETRY OF THE NICKEL CONTENT IN TOBACCO SEED SPROUTS

I. I. Azarko, E. A. Khramtsova, S. V. Lobach, I. A. Karpovich, Yu. V. Sidorenko

Belarusian State University, Nezavisimosti av. 4, 220030 Minsk, Belarus
Corresponding author: I. I. Azarko (azarko@bsu.by)

A study of the express analysis of determining the storage capacity of metal ions by plants using an EPR spectrometer was carried out. The dynamics of changes in the parameters of the EPR spectra during the accumulation of nickel in the dry phytomass and ash residue of tobacco seedlings was studied. It has been established that the introduction of nickel chloride from 10^{-4} M to 10^{-3} M into the nutrient solution leads to a decrease in the ratio of the intensities of the ultra-broad signal from ferromagnetic inclusions to the intensity of signals with $g = 2.1467$ and $g = 1.8599$, while the relative number of paramagnetic centers responsible for the ultra-broad line with $g = 2.0152$ in seedlings grown with the addition of nickel chloride to the nutrient medium decreases monotonically with an increase in the line width from 320 to 480 G.

Key words: EPR; nickel chloride; biological objects.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время вследствие техногенных нагрузок на окружающую среду возникает реальная опасность деградации как локальных, так и глобальных экологических систем. Особую тревогу вызывает накопление тяжелых металлов в виду их способности образовывать прочные комплексы со многими органическими соединениями и связываться с различными функциональными группами клеток живых организмов, создавая проблему «вечного» загрязнения [1–4]. Исследование влияния никеля было выбрано из-за его активного использования. Помимо чисто научной составляющей данных исследований важное значение имеет вовлечение студентов в научную работу, особенно на стыке различных дисциплин, что повышает как мотивацию молодых специалистов, так и эффективность решения поставленной задачи. В работе использовался метод электронного парамагнитного резонанса применительно к чисто биологическим объектам проросткам семян табака.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Экспресс-анализ определения накопительной способности растениями ионов металла проводился в лабораторных условиях на стационарном спектрометре, работающем в X-диапазоне, как при комнатной температуре измерения, так и при температуре жидкого азота [4]. Была исследована динамика изменения параметров спек-

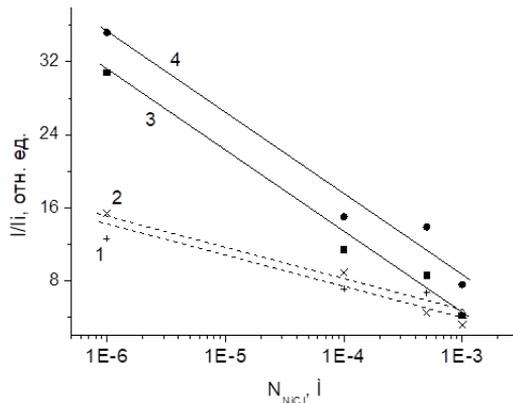
тров ЭПР при накоплении никеля в сухой фитомассе, в зольном составе растительных тканей и в пробах грунта.

Сложные спектры ЭПР высушенных проростков семян табака, выращенных на среде Мурасига-Скуга с добавлением хлорида никеля в различной концентрации имели надежно установленные количественные отличия. Наличие ферромагнитных включений фиксировалось также в зольных остатках растительной массы и в отборах почвы по присутствию в спектрах ЭПР сверхширокой (ΔH порядка 500 Гс) линии с $g = 2,019$. Помимо данного сигнала в спектрах проростков семян, выращенных без или с различным содержанием

никеля, наблюдались сигналы с сверхтонкой структурой: пять триплетов ($\Delta H = 20$ Гс) с эффективным g -фактором 1,987, а также синглетные линии с $g = 2,145$, $\Delta H =$ от 12,5 до 25 Гс и $g = 2,0027$, $\Delta H = 9,5$ Гс. Был также зарегистрирован спектр питательного раствора Мурасига-Скуга, который представлял собой сигнал ЭПР с СТС из 6-ти линий, характерную для включений ионов марганца [5]. С целью выявления природы парамагнетизма биологических объектов была изучена динамика взаимодействия СВЧ поля со спиновой системой образцов посредством изменения частоты модуляции магнитного поля от 35 Гц до 100 кГц, а также мощности излучения. Исследование эффекта насыщения ЭПР-сигналов выявило несколько типов парамагнитных центров, отвечающих за парамагнитные свойства проростков табака. Так, при увеличении мощности СВЧ излучения до 64 мВт, амплитуда сигналов с $g = 2,1467$ и $g = 1,8599$ насыщается при температуре жидкого азота, в то время как для контрольного образца при тех же условиях зависимость линейна. В каждом из образцов наблюдается насыщение амплитуды сигнала с $g = 2,0041$ как при комнатной температуре (299 К), так и при температуре жидкого азота (77 К). На данном этапе работы идентификация природы ЭПР сигналов не проведена.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлено, что введение в питательный раствор хлорида никеля приводит к изменению количественных характеристик спектров ЭПР проростков табака. Так, при увеличении концентрации ионов никеля в растворах выращивания проростков от 10^{-4} М до 10^{-3} М, (на рисунке в контрольных образцах концентрация ионов никеля порядка 10^{-6} М) наблюдается линейное уменьшение отношения величины интенсивностей сверх широкого сигнала к интенсивности сигналов с $g = 2,1467$ и $g = 1,8599$ в полулогарифмическом масштабе. При этом относительное количество парамагнитных центров, отвечающих за сверхширокую линию с $g = 2,0152$ в проростках, выра-



Зависимости отношения величины интенсивностей сверх широкого сигнала к интенсивности сигналов ЭПР с $g = 2,1467$ (1,2) и с $g = 1,8599$ (3,4) в проростках семян табака, при комнатной температуре измерения и температуре жидкого азота, соответственно, с различным содержанием хлорида никеля

шенных при добавлении в питательную среду хлорида никеля монотонно снижается при увеличении ширины линии от 320 до 480 Гс.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Майстренко, В. К. Эколого-аналитический мониторинг стойких органических загрязнителей [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В. К. Майстренко, Н. А. Ключев. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004.
2. Храмцова Е.А. Изучение устойчивости трансгенных растений *Nicotiana tabacum*, несущих бактериальный ACDS-ген, к загрязнению почвы солями никеля / Храмцова Е.А. и др. // Актуальные проблемы изучения фито- и микобиоты: Материалы IV между. науч.-практ. конф. – Минск: 2021. – С. 187–191.
3. Лапчук Н.М., Олешкевич А.Н., Поклонская О.Н. Парамагнетизм магнитоактивных примесей в целлюлозе листьев деревьев // Материалы и структуры современной электроники: сб. науч. тр. III Междунар. науч. конф., Минск, 25–26 сент. 2008 г. / редкол.: В. Б. Оджаев (отв. ред.) [и др.].— Мн.: БГУ, 2008.— С. 123—127.
4. Азарко И. И. и др. Изменение свободнорадикального состояния меланиновых полимеров в комплексах с ме-таллами // Вузовская наука, промышленность, международное сотрудничество: Сб. научн. трудов 5-й Между-нар. научно-практ. конф., Минск —Мн., 2004. —С. 221–223.
5. Ч. Пул Техника ЭПР-спектроскопии. –М.:Мир, 1970.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ, МАГНИТНЫЕ И ГАЛЬВАНОМАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРОВ, ИМПЛАНТРОВАННЫХ ИОНАМИ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ, КАК ЭФФЕКТИВНАЯ БАЗА ИЗУЧЕНИЯ СПИН-ЗАВИСИМЫХ ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРОННОГО ТРАНСПОРТА

В. И. Головчук, М. Г. Лукашевич

*Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030 Минск, Беларусь
e-mail: Lukashevich@bsu.by*

Приведено обобщение основных электрических, магнитных и гальваномагнитных характеристик ряда полимерных пленок, модифицированных имплантацией переходных металлов. Анализируются причины наличия или отсутствия переходов ди-электрик-металл и диамагнетик-ферромагнетик через суперпарамагнитное состояние формирующихся при имплантации включений. Показано, что результаты экспериментального изучения температурной зависимости сопротивления и намагниченности, а также петель гистерезиса намагниченности и магниторезистивного эффекта являются прекрасным иллюстративным материалом для формирования базовых знаний по физическим принципам управления спин-зависимыми процессами электронного транспорта, и могут эффективно использоваться как в спецкурсе «Спинтроника», так и при разработке приборных структур спинтронники.

Ключевые слова: спинтроника; ион; имплантация; полимер; проводимость; намагниченность; магнитосопротивление.