

И

A.B. Кессених

*доктор физ.-мат. наук, профессор,
ведущий научный сотрудник
Института истории естествознания и
техники им. С.И. Вавилова РАН
Москва, Российская Федерация
E-mail: kessen32@mail.ru*

**ПРЕМИЯ ИМЕНИ
АКАДЕМИКА
Е.К. ЗАВОЙСКОГО
(К 110-ЛЕТИЮ
СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)
(ЛАУРЕАТЫ ПРЕМИИ
ИМЕНИ Е.К. ЗАВОЙСКОГО
(1991–2016))**

Коротко рассмотрены обширные области применений ЭПР на примере выдающихся достижений физики, химии и биологии, отмеченных в течение последних лет Международной премией имени первооткрывателя ЭПР Е.К. Завойского, учрежденной по инициативе директора Казанского физико-технического института РАН К.М. Салихова. В 1991–2016 гг. отмечено персонально 32 лауреата (12 – из США, 6 – из Германии, 5 – из России, 2 – из Швейцарии, 2 – из Великобритании, 2 – из Нидерландов, по одному из Израиля, Италии, Японии) и германская фирма Брукер. Надеемся, что память о первооткрывателе ЭПР еще долгие годы будет служить делу объединения усилий международного научного сообщества.

Ключевые слова: Е.К. Завойский; лауреаты; физика; химия; биология.

A.V. Kessenikh

*Doctor of Phys.-Math. Sciences, Professor,
Leading Researcher
Institute of History of Natural Science
and Technology. S.I. Vavilov RAS
Moscow, Russian Federation
E-mail: kessen32@mail.ru*

**THE ACADEMICIAN
E.K. ZAVOISKY
(ON THE OCCASION
OF THE 110th
ANNIVERSARY
OF HIS BIRTH) (LAUREATES
OF THE EK ZAVOISKY
PRIZE (1991-2016))**

Many EPR applications are considered briefly in the example of outstanding achievements in physics, chemistry, biology and medicine marked during the last years by the International Prize named after the discoverer of EPR, E.K. Zavoisky, established on the initiative of the director of the Kazan Institute of Technical Physics RAS KM Salikhov. In 1991–2016 years were marked 32 highly qualified laureates (12 from the United States, 6 from Germany, 5 from Russia, 2 from Switzerland, 2 from the UK, 2 from the Netherlands, one of the Israel, Italy, Japan) and the German firm Bruker. We hope that the memory of the discoverer of the EPR for many years will serve the cause of uniting the efforts of the international scientific community.

Keywords: E.K. Zavoisky; Laureates; physics; chemistry; biology.

Электронный парамагнитный резонанс (ЭПР), именуемый также электронным спиновым резонансом (ЭСР), был открыт в Казани в 1944 г. Е.К. Завойским (1907–1976). В 2017 г. исполняется 110 лет со дня рождения первооткрывателя. Учреждение премии им. Завойского имеет глубоко символическое значение. Е.К. Завойский занимался различными областями физики, но мечтой его молодости было создание не менее информативной, чем оптическая спектроскопия, спектроскопии молекул, твердых тел, растворов, вообще конденсированных сред на радиочастотах. И эту мечту он воплотил в своем открытии в 1944 г. радиоспектроскопии молекул и сред, содержащих неспаренные электроны. Именно таким и было открытие ЭПР. Как всякое большое открытие оно принесло немало сюрпризов тем, кто развивал и продолжал исследования в этой области. Можно вкратце рассмотреть обширные области применений ЭПР на примере выдающихся достижений физики, химии и даже биологии и медицины, отмеченных в течение последних лет Международной премией имени Е.К. Завойского, учрежденной по инициативе директора Казанского физико-технического института РАН К.М. Салихова. В 1991–2016 гг. отмечено персонально 32 лауреата (12 – из США, 6 – из Германии, 5 – из России, 2 – из Швейцарии, 2 – из Великобритании, 2 – из Нидерландов, по одному из Израиля, Италии, Японии) и германская фирма Брукер.

Лауреаты Премии по большей части маститые ученые, заложившие краеугольные камни в самые разнообразные аппаратные модификации ЭПР и достигшие выдающихся результатов в самых различных направлениях исследований. Среди них лауреат премии 1992 г. старейшина ЭПР, выдающийся исследователь Бребис Блини (Великобритания, Оксфорд. 1915–2006), организатор в 1948–1952 и последующих гг. важного направления применений ЭПР – ЭПР примесных парамагнитных ионов переходных металлов в кристаллических структурах для исследования этих структур. Это направление сыграло существенную роль в развитии квантовой электроники благодаря многоуровневым спектрам ЭПР парамагнитных ионов.

Б. Блини совместно с А. Абрагамом издали классическую монографию по ЭПР [1].

Одним из первых учеников непосредственного последователя Е.К. Завойского Семена Александровича Альтшулера был академик РАН Камиль Ахметович Валиев (1931–2010), отмеченный премией 1999 г. за свои пионерские работы 1950–1960-х гг. (выполненные отчасти совместно со своим учителем) по теории релаксации ЭПР в жидкости. Тем самым была отдана дань и скончавшемуся в 1983 г. члену-корреспонденту АН СССР С.А. Альтшулеру. В поздний период своего научного и жизненного пути К.А. Валиев вернулся к изучению магниторезонансных систем в связи с их применением к созданию квантовых компьютеров.

Первым по времени награждения из лауреатов премии Завойского в 1991 г. был У.Б. Мимс (США, Bell Telephone Laboratory). Мимс был пионером применения популярной импульсной методики возбуждения ЭПР (электронное спин-эхо или ЭСЭ). Многочисленные ссылки на его работы содержатся в известной отечественной монографии [2]. Работы с применением ЭСЭ развивались в исследованиях парамагнитных примесей и стабилизированных свободных радикалов с 1970-х гг., а затем в исследованиях оптически возбужденных молекул и сред. Между лауреатами Международной премии им. Завойского многие исследователи, помимо всего применявшие и развивавшие теорию и практику ЭСЭ и других импульсных методов. Это академик РАН Ю.Д. Цветков (бывший директор Института химической кинетики и горения СО РАН, отмеченный в 2011 г. за выдающийся вклад в развитие электронного парамагнитного резонанса и, в частности, за его вклад в применение импульсных методов ЭПР для исследования структуры неупорядоченных систем). Отмечены немецкий ученый один из лауреатов 2004 г. Дитмар Штелик (1940–2007), швейцарские исследователи: лауреат 1993 г. Артур Швайгер (1946–2006) и один из лауреатов 2014 г. Гуннар Ешке. Последние двое – авторы другой известной монографии [3]. В 2010 г. премией отмечен Ганс Вольфганг Шписс (Германия) за вклад в импульсную методику магнитного резонанса для изучения порядка и беспорядка в супрамолекулярных системах.

А в 2016 г. награждены (рис. 1) американцы Майкл Боуман (за изучение реакций свободных радикалов в протеинах и других упорядоченных но некристаллических окружениях и развитие приложений импульсной спектроскопии ЭПР к определению структуры и функции ферментов, свободных радикалов и материалов) и Арнольд Моисеевич Райцимринг (бывший сотрудник СО АН СССР, лауреат Госпремии СССР 1966 г., награжденный премией Завойского за выдающийся вклад в развитие импульсного электронного парамагнитного резонанса и его приложений в радиационной химии и молекулярной биофизике). Импульсные методы ЭПР особенно эффективны в изучении короткоживущих парамагнитных центров. Две премии относятся к так называемой на англоязычный манер «время разрешенной» спектроскопии ЭПР. За это особо отмечены в 2001 г. авторитетный исследователь и педагог Кис МакЛохлан (Великобритания) за вклад в развитие электронного парамагнитного резонанса, в частности за вклад в идентификацию короткоживущих радикалов в лазерной вспышке. А также в 2011 г. награжден Сейго Ямаучи (Япония) за вклад в исследования электронной структуры возбужденных состояний органических и металло-органических комплексов методами многочастотной время-разрешенной спектроскопии электронного парамагнитного резонанса.

Чаще всего премированные исследователи пользовались комбинациями различных методов магнитного резонанса, и многие из лауреатов охватили несколько направлений методики и теории ЭПР. В представлениях на премию почти всех лауреатов была бы уместна формулировка «За многолетний фундаментальный вклад в исследования методом ЭПР». Так академик РАН директор КФТИ К.М. Салихов отмечен в 2004 г. за выдающийся вклад в развитие теории ЭПР и ее применения для решения проблем химии и биохимии. Среди исследованных им систем были центры, возникающие при фотосинтезе, триплетно возбужденные молекулы, радикальные пары и продукты их реакций, возникающие в процессе химических реакций и т. д.



Рис. 1. Вручение Международной премии им. Завойского 2016 г. Слева направо: заместитель премьер-министра республики Татарстан В.Г. Шайхразиев, лауреат премии 2016 г. Арнольд Райцимринг лауреат премии 2016 г. Майкл Боуман, Директор КФТИ РАН К.М. Салихов

Ссылаясь на самого К.М. Салихова [4], можно отметить: «За время, прошедшее после его открытия, метод ЭПР превратился в один из самых информативных методов исследования электронной структуры молекул, дефектов структуры, примесных центров в кристаллах, динамических свойств конденсированных сред, механизмов химических реакций, структуры и подвижности биомолекул. ЭПР широко применяется в материаловедении, для дозиметрии, в медицине, в частности для контроля содержания <парамагнитных> кислорода и оксида азота NO в организме, контроля качества продуктов, датирования археологических находок <по данным дозиметрии космического излучения> и др. Современные методы ЭПР позволяют создавать новые технологии. Например, позволяют управлять спин-зависимыми химическими реакциями и спин-зависимой рекомбинационной люминесценцией, открывают возможность квантовых вычислений с использованием электронных спинов в качестве кубитов и т. д. Благодаря развитию импульсных многочастотных и высокочастотных методов ЭПР-спектроскопия дает уникальные сведения о молекулярных механизмах биологических процессов, в частности о механизме ассимиляции солнечной энергии фотосинтетическими

системами. Все более широкое применение находит ЭПР при изучении структуры неупорядоченных систем, что имеет особенно большое значение для изучения живых систем. Невозможно перечислить области применения ЭПР, их много, и постоянно появляются новые предложения».

Среди введенных в практику эффективных аппаратных методов ЭПР отметим многочастотный ЭПР (двойные и т.д. электрон-электронные резонансы в том числе их импульсные модификации (PELDOR)), особо важные для исследования систем со сложными и уширенными спектрами ЭПР. Значительно расширяет возможности ЭПР высокочастотный (он же в большинстве случаев и высокополевой) ЭПР. Если сам Завойский лишь благодаря помощи коллег из Института Физических проблем АН СССР (П.Л. Капица, А.И. Шальников) имел возможности применять для возбуждения ЭПР частоты порядка 1 МГц, то в настоящее время не редкость терагерцовые (с частотой порядка 10^2 МГц) установки для возбуждения и исследования ЭПР. Существуют и системы, в которых относительно высокая частота ЭПР требуется и при относительно низких поляризующих полях.

Электронные спины практически всегда взаимодействуют со спинами атомных ядер по диполь-дипольному и скалярному механизмам и поэтому весьма эффективны для изучения строения вещества двойные электронно-ядерные резонансы (ENDOR). Получила важнейшее значение и динамическая поляризация ядер при насыщении ЭПР, позволяющая резко повысить чувствительность родственного ЭПР метода ядерного магнитного резонанса (ЯМР). Применяется в клинической практике и материаловедении магнитная электронно-резонансная томография (magnetic resonance imaging (MRI)).

Помимо аппаратуры, важнейшее значение при выполнении эксперимента по ЭПР имеет подготовка образца. Важную роль, особенно в изучении биологических объектов играет введение спиновых меток (парамагнитных частиц, например хелатных комплексов Gd, нитроксильных радикалов) с заданной локализацией. Лауреаты премии внесли свой вклад в

развитие аппаратных и препаративных модификаций ЭПР, а также их различных комбинаций. Так премией 2014 г. наградили Томаса Приснера (Германия, Франкфурт) за применение импульсных методов ENDOR и PELDOR для исследования взаимного расположения спин-меченных протеинов и молекул ДНК. Укажем в качестве исследователей, применявших разнообразные аппаратные приемы, например, на лауреатов премии Завойского 1995 г. Джеймса Хайда (США), ветерана и классика магнитного резонанса лауреата 2000 г. Хардена М. МакКоннелла (США, 1927–2014), лауреата 2006 г. Яна Шмидта (Нидерланды), отмеченного за вклад в изучение полупроводниковых наноматериалов методами высокочастотной и высокополевой спектроскопии ЭПР. В области применений многочастотного ЭПР к исследованию фотосинтеза отмечен в 2002 г. Вольфганг Любиц (Германия). Важнейших результатов достиг, применяя высокочастотную аппаратуру ЭПР для исследований в области химии, лауреат премии 1994 г. Яков Сергеевич Лебедев (ИХФ им. Семенова РАН, 1935–1996), исследовавший свободные радикалы, стабилизированные в матрице полимеров и других конденсированных сред.

Весьма разнообразны объекты исследования лауреатов премии Завойского. Исследования фотовозбуждения, в частности фотосинтеза растений, успешно выполнял один из лауреатов 1994 г. Джеймс Р. Норрис (США), и другой лауреат того же года Клаус Мебиус (Германия), который исследовал парамагнитные центры, возникающие при фотосинтезе. В 1999 отмечен премией Джоан Ван дер Ваальс (Нидерланды) за исследования возбуждения триплетных молекул при фотосинтезе. Отмечены премией клинические применения ЭПР в 2005 г. исследователь из США Харольд М. Шварц (1928–2010), за вклад в развитие *in vivo* ЭПР спиновых ловушек и ЭПР оксиметрии для клинических приложений..

За успешное применение адресных спиновых меток в клинической практике (в частности в офтальмологии) отмечен в 2003 г. Уэйн Л. Хаббел (США). За вклад в изучение молекулярного движения в жидкостях методом многочастотного ЭПР отмечен в 1998 г. Джек Х. Фрид

(США). За фундаментальные исследования свободных радикалов, образующихся в жидкостях при радиационном воздействии, с помощью методов ЭПР спектроскопии награжден в 2012 г. Ричард В. Фессенден (США). Лауреаты премии 2008 г. Михаэль Меринг (Германия) и 2015 г. Вадим Александрович Ацаркин (Институт радиоэлектроники РАН) являются специалистами в разнообразных областях магнитного резонанса. Профессор Меринг отмечен за вклад в разработку импульсного метода ENDOR и работы в области применения магниторезонансных систем в квантовом компьютеринге. В.А. Ацаркин в 2015 г. отмечен за свои работы в области спиновой термодинамики (исследования поведения систем взаимодействующих между собой электронных спинов при возбуждении магнитного резонанса) и особенно динамической поляризации ядерных спинов. За изучение молекулярных магнитов (молекул с несколькими неспаренными электронами) отмечен в том же 2015 г. Данте Гаттески, из Италии.

Значительный вклад в изучение методом ЭПР и ENDOR физики твердого тела и фотосинтеза внес ветеран ЭПР профессор университета Сан Диего в США Джордж Фейер (George Feher), отмеченный премией в 1996 г. За изучение взаимодействия энзимов и протеинов, в 2009 г. награждена Даниэлла Гольдфарб (Израиль, Вейцмановский институт). В 2007 г. награжден Брайан Марк Хоффман (США) за фундаментальные исследования металлоэнзимов и их промежуточных продуктов, образующихся в процессе каталитических реакций, а также процессов переноса электронов между протеинами (рис. 2).

Награждение премией Завойского возникшей в 1960 г. по инициативе проф. Гюнтера Лаукина фирмы Брукер в 2000 г. свидетельствует о существенном вкладе этой фирмы в развитие техники ЭПР и в том числе в нашей стране. В 1969 г. на выставке, посвященной 25-летию открытия ЭПР в Казани, появились первые приборы фирмы Брукер в СССР. Приборы фирмы Брукер отличаются высокой чувствительностью, удобством, надежностью и приемлемыми габаритами. Благодаря тесному сотрудничеству представителя фирмы в



Рис.2. Брайан Марк Хоффман (США), награжден в 2007 г. за фундаментальные исследования металлоэнзимов и их промежуточных продуктов, образующихся в процессе каталитических реакций, а также процессов переноса электронов между протеинами

СССР и России почетного профессора МГУ им. Ломоносова Уве Айхоффа с нашими исследователями, применяющими ЭПР, выполнено немало интересных и важных работ.

Хронологический порядок присуждения премий им. Завойского отражен в следующем перечне.

Международная премия им. Е.К. Завойского. Лауреаты

• **2016 г. Майкл Боуман (США, штат Алабама) и Арнольд Райцимринг (США, штат Аризона).**

Премия присуждена за выдающийся вклад в развитие импульсного электронного парамагнитного резонанса и его приложений в радиационной химии и молекулярной биофизике.

• **2015 г. Вадим А. Ацаркин (Россия, ИРЭ РАН, Москва) и Данте Гаттески (Флоренция, Италия).**

Вадим А. Ацаркин отмечен за выдающийся вклад в развитие спиновой термодинамики и изучение явления динамической ядерной поляризации.

Данте Гаттески отмечен за выдающийся вклад в понимание природы мономолекулярных магнитов.

• **2014 г. Томас Приснер (Франкфурт, Германия) и Гуннар Ешке (Цюрих, Швейцария).**

Премия присуждена за выдающийся вклад в развитие современных методов высокочастотного и многочастотных методов электронного парамагнитного резонанса.

• **2013 г. Юрий Дмитриевич Цветков (Россия, Новосибирск–Москва).**

Отмечен за выдающийся вклад в развитие электронного парамагнитного резонанса и, в частности, за его вклад в применение импульсных методов ЭПР для исследования структуры неупорядоченных систем.

• **2012 г. Ричард В. Фессенден (США, Университет Нотр Дам, штат Индиана).**

Отмечен за фундаментальные исследования свободных радикалов, образующихся в жидкостях при радиационном воздействии, с помощью методов ЭПР спектроскопии.

• **2011 г. Сейго Ямаuchi (Япония, Университет Токио (Сендай)).**

Отмечен за вклад в исследования электронной структуры возбужденных состояний органических и металло-органических комплексов методами многочастотной время-разрешенной спектроскопии электронного парамагнитного резонанса.

• **2010 г. Ханс Вольфганг Шписс (Германия, Макс Планк Институт исследования полимеров, Майнц).**

Премия присуждена за вклад в методологию импульсного магнитного резонанса для выявления структуры, порядка и динамики супрамолекулярных систем.

• **2009 г. Даниэлла Гольдфарб (Израиль, Вейцмановский институт).**

Премия присуждена за вклад в методологию импульсного высокополевого двойного электронно-ядерного резонанса и его приложения к изучению металлопротеинов и цеолитов.

• **2008 г. Михаэль Меринг (Германия, Штутгарт).**

Премия присуждена за вклад в развитие методов импульсного двойного электронно-ядерного резонанса и концепции квантовых вычислений на электронных и ядерных спинах.

• **2007 г. Брайан Марк Хоффман (США, Чикаго).**

Премия присуждена за выдающийся вклад в развитие электронного парамагнитного резонанса и, в частности, за его вклад в фундаментальные исследования металлоэнзимов, их каталитических промежуточных соединений и переноса электронов между протеинами.

• **2006 г. Ян Шмидт (Нидерланды, Лейден).**

Премия присуждена за вклад в развитие методов высокополевого и высокочастотного электронного парамагнитного резонанса и двойного электронно-ядерного резонанса в приложениях к исследованию полупроводниковых наноматериалов

• **2005 г. Харольд М. Шварц (США, штат Нью-Хемпшир).**

Премия присуждена Харольду М. Шварцу за вклад в развитие *in vivo* ЭПР спиновых ловушек и ЭПР оксиметрии для клинических приложений.

• **2004 г. Кев Минуллович Салихов (Россия, Казань) и Дитмар Штелик (Германия, Свободный университет, Берлин).**

Международная премия имени Е.К. Завойского 2004 года в области электронного парамагнитного резонанса вручена профессору Дитмару Штелику (Свободный университет г. Берлина, Германия) и профессору Кеву Минулловичу Салихову (Казанский физико-технический институт им. Е.К. Завойского КазНЦ РАН, Россия) за их выдающийся вклад в развитие теории ЭПР и ее применения для решения проблем химии и биохимии.

• **2003 г. Уэйн Л.Хаббел (США, Калифорнийский университет, Лос Анжелес).**

Отмечен за развитие и применение метода адресных спиновых меток.

• **2002 г. Вольфганг Любитц (Германия, Мюльхайм.).**

Отмечен за его выдающийся вклад в развитие многочастотной ЭПР спектроскопии фотосинтеза бактерий и растений.

• **2001 г. Кис А. МакЛохлан (Великобритания, Оксфорд).**

Отмечен за его вклад в развитие электронного парамагнитного резонанса, в частности за вклад в идентификацию короткоживущих

радикалов после их образования в лазерной вспышке.

- **2000 г. Харден М. МакКоннелл (США, Калифорния, Стенфорд) и фирма Брукер Аналитик ГмбХ (Германия, Карлсруе).**

Профессор Харден М. МакКоннелл отмечен за его вклад в понимание соотношения между сверхтонкими расщеплениями и электронной структурой радикалов и развитие им метода спиновых меток для биофизических исследований. Фирма Брукер Аналитик ГмбХ отмечена за выдающиеся достижения в разработке многочастотных спектрометров электронного парамагнитного резонанса, ведущих к новым приложениям электронного парамагнитного резонанса в физике, химии и биологии.

- **1999 г. Джоан ван дер Ваальс (Нидерланды, Лейден).**

Отмечен за его вклад в ЭПР исследования фотовозбужденных триплетных молекул.

- **1998 г. Джек Х. Фрид (США, Корнелльский университет, штат Нью-Йорк).**

Отмечен за его вклад в изучение молекулярного движения в жидкостях методом многочастотного ЭПР.

- **1997 г. Камиль А. Валиев (Россия, Москва, ИОФАН).**

Отмечен за его вклад в развитие теории спиновой релаксации.

- **1996 г. Джордж Фейер (США, СанДиего, Калифорния).**

Отмечен за его вклад в развитие магнитного резонанса в физике твердого тела и в исследование фотосинтеза.

- **1995 г. Джеймс С. Хайд (США, штат Висконсин, ныне директор Национального центра ЭПР).**

Отмечен за его вклад в создание приборов и методологии электронного парамагнитного резонанса.

- **1994 г. Джеймс Р. Норрис (США, Чикаго).**

Отмечен за его вклад в определение молекулярной структуры парамагнитных частиц в реакционных центрах фотосинтеза.

Яков С. Лебедев (Россия, Москва) и Клаус Мебиус (Германия, Берлин).

Отмечены за их вклад в развитие новых методов ЭПР и их применений в химии.

- **1993 г. Артур Швайгер (Швейцария, Цюрих).**

Отмечен за его вклад в развитие импульсного электронного парамагнитного резонанса.

- **1992 г. Бребис Блини (Великобритания, Оксфорд).**

Отмечен за его вклад в теорию и практику электронного парамагнитного резонанса переходных ионов в кристаллах.

- **1991 г. Вильям Б. Мимс (США, Нью-Йорк, Белл Телефон Компани).**

Отмечен за его вклад в создание электронной спин-эхо спектроскопии и ее применений в физике, химии и биологии.

В заключение можно отметить важную роль премии им. Завойского в международном сообществе специалистов, применяющих ЭПР. Утверждение этой премии, которая спонсируется издательством Шпрингер и правительством Республики Татарстан, способствует росту международного авторитета научного сообщества Казани, признанного центра ЭПР исследований в России, а теперь и во всем мире. Казань – родина открытия ЭПР, хранит память первооткрывателя. Здесь находится редакция международного научного журнала Applied Magnetic Resonance, в научные учреждения столицы Татарстана приезжают для обмена опытом и совместной работы с отечественными исследователями видные ученые из-за рубежа. Лауреаты Международной премии Завойского при ее вручении выступают с лекциями о своих работах. См. также развернутое издание [5] о лауреатах премии им. Завойского.

Вручение премии проходит в весьма торжественной обстановке в Казанском Физико-Техническом Институте РАН. (см. фото с церемонии 2016 г., Рис. 1, а также рис. 2).

Лауреат Нобелевской премии по химии 1992 г. выдающийся специалист по магнитному резонансу Рихард Эрнст так высказался о премии им. Завойского:

«Плодовитость оригинальных идей Завойского отразилась в неисчерпаемом творчестве прошлых и будущих лауреатов этой знаменитой премии».

Плодотворно развивавшаяся все 72 года со времени открытия ЭПР методика исследования радуется достижениями, достойными почетной премии. Еще не все ветераны исследований с применением ЭПР удостоены этой премии, хотя достойны ее. В качестве примера можно упомянуть исследования высокотемпературных сверхпроводников и антиферромагнетиков, а также многолетние фундаментальные работы в области исследований релаксационных процессов в ЭПР в Казанском Федеральном университете. Заслуживают премии уникальные исследования динамической поляризации ядер при насыщении ЭПР бирадикалов в Массачусетском технологическом институте (США), работы по созданию и применению силового магниторезонансного микроскопа и т. д..

Надеемся, что память о первооткрывателе ЭПР еще долгие годы будет служить делу объединения усилий международного научного сообщества.

Список литературы

1. Абрагам А., Блинн Б. *Электронный парамагнитный резонанс переходных ионов* (пер. с англ.) Т. 1. М.: Мир. 1972. 682 с.; Т. 2. М.: Мир. 1973. 352 с.
2. Салихов К.М., Семенов А.Г., Цветков Ю.Д. *Электронное спин-эхо и его применение*. М.: Наука. 1976. 342 с.

3. Schweiger Arthur; Jeschke Gunnar. *Principles of Pulse Electron Paramagnetic Resonance*. (2001). Oxford University Press. 578 p.

4. Салихов К.М. О развитии перспективных применений электронного парамагнитного резонанса в Казанском физико-техническом институте им. Е.К. Завойского РАН // *Успехи физических наук*. 2016. Т. 186. № 6. С. 659–666.

5. *Electron Paramagnetic Resonance: from fundamental research to pioneering applications & Zavoysky Award*. (ed. K.M. Salikhov). Vol.1. AXAS Publishing Limited. 2009. 209 p.

References

1. Abragam A., Bleaney B. *Elektronnyy paramagnitnyy rezonans perekhodnykh ionov* (per. s angl.) [Electronic paramagnetic resonance of transition ions (trans. From English)]. Vol. 1. M.: The World. 1972. 682 p. Vol. 2. Moscow: The World. 1973. 352 p.

2. Salikhov K.M., Semenov A.G., Tsvetkov Yu.D. *Elektronnoe spin-ekho i ego primeneniye* [Electronic spin echo and its application]. M.: Science. 1976. 342 p.

3. Schweiger Arthur; Jeschke Gunnar. *Principles of Pulse Electron Paramagnetic Resonance*. (2001). Oxford University Press. 578 p.

4. Salikhov K.M. O razvitii perspektivnykh primeneniye elektronnoy paramagnitnoy rezonans v Kazanskom fiziko-tekhnicheskom institute im. Ye.K. Zavoyskogo RAN [On the development of advanced applications of electron paramagnetic resonance at the Kazan Physicotechnical Institute. E.K. Zavoisky RAS]. *Uspekhi fizicheskikh nauk* [Successes in physical sciences]. 2016. Vol. 186. № 6. Pp. 659–666.

5. *Electron Paramagnetic Resonance: from fundamental research to pioneering applications & Zavoysky Award*. (ed. K.M. Salikhov). Vol.1. AXAS Publishing Limited. 2009. 209 p.



Информация об авторе

Кессних Александр Владимирович, доктор физ.-мат. наук, профессор, ведущий научный сотрудник сектора истории физики

Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН

125315, Москва, Российская Федерация, ул.Балтийская, д.14

E-mail: kessen32@mail.ru

Information about author

Kessenikh Aleksandr Vladimirovich, Doctor of Phys.-Math. Sciences, Professor, Leading Researcher of the History of Physics Sector

Institute of History of Natural Science and Technology. S.I. Vavilov RAS

125315, Moscow, Russian Federation, st. Baltiyskaya, 14

E-mail: kessen32@mail.ru