

ДО 75-РІЧЧЯ ВІД ДНЯ НАРОДЖЕННЯ ТА 55 РОКІВ НАУКОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ДОКТОРА ХІМІЧНИХ НАУК, ПРОФЕСОРА, ЗАСЛУЖЕНОГО ДІЯЧА НАУКИ І ТЕХНІКИ УКРАЇНИ – БОРИСА ПИЛИПОВИЧА МІНАЄВА

У статті висвітлено основні періоди життя, наукової та педагогічної діяльності доктора хімічних наук, професора, завідувача кафедри хімії та наноматеріалознавства – Бориса Пилиповича Мінаєва. До основних напрямків наукових інтересів Мінаєва Б. П. відносяться ефекти спін-орбітальної взаємодії в молекулах та їх вплив на спектри, біохімію, люмінесценцію, магнітні та хімічні властивості молекул. Роботи вченого добре відомі у світі, опубліковані у провідних міжнародних наукових журналах і широко цитуються у світовій науковій літературі. На сьогоднішній день за даними всесвітньої агенції «Scopus» Мінаєв Б. П. має індекс Хірша $h = 36$.

Ключові слова: Мінаєв Борис Пилипович, квантова хімія, ефекти спін-орбітальної взаємодії, індекс Хірша.



Цього року завідувач кафедри хімії та наноматеріалознавства Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького професор Борис Пилипович Мінаєв відзначає своє 75-річчя та 55 років роботи на науковій ниві.

Б. П. Мінаєв народився 21 вересня 1943 року в м. Свердловськ (нині Єкатеринбург) в сім'ї службовців. У 1962 році закінчив середню школу №3 в місті Караганда і вступив до фізичного факультету Томського державного університету імені В. В. Куйбишева (ТДУ). Свої перші наукові дослідження, присвячені квантово-хімічним розрахункам нітросполук методом Хюккеля, Мінаєв Б. П. розпочав, навчаючись на третьому

курсі університету. На п'ятому курсі він проходив переддипломну практику в Інституті високомолекулярних сполук АН СРСР, за результатами якої була написана наукова робота: «Об относительной стабильности различных водород-связанных конфигураций производных пуринов и пиримидинов» у співавторстві з Ю. Г. Баклановою, І. Е. Мілевською, Ю. Е. Ейзнером.

У 1967 році Б. П. Мінаєв закінчив університет і вступив до аспірантури при кафедрі оптики і спектроскопії ТДУ. Уже тоді молодий аспірант захоплювався методами квантової хімії, які він застосовував для розрахунків електронної будови та спектрів молекул. У ті роки під керівництвом професора Н. О. Прилежаєвої на кафедрі оптики і спектроскопії ТДУ були створені перші в Сибіру лазери і почали застосовуватися перші ЕОМ для розрахунку молекул і їх спектрів.

З 1970 року Б. П. Мінаєв працював молодшим науковим співробітником Сибірського фізико-технічного інституту імені академіка В. Д. Кузнецова, а через рік

перейшов на кафедру органічної хімії ТДУ. На початку 1973 року захистив дисертацію на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за темою «Ефекти спин-орбітальної взаємодії в оптичних та ЕПР спектрах молекул і радикалів». Уже в ранніх роботах молодого вченого прослідковувався потяг до глибокого осмислення закономірностей у молекулярних спектрах різних класів сполук і біополімерів на основі фундаментальних теорій. Б. П. Мінаєв також розробив методи розрахунку ефектів спин-орбітальної взаємодії (СОВ) на основі теорії самоузгодженого поля Хартрі-Фока і методів конфігураційної взаємодії для збуджених станів.

Працюючи на кафедрі органічної хімії ТДУ, Б. П. Мінаєв розвинув теорію спектрів комплексів із перенесенням заряду на основі нітробензену і його похідних та пояснив властивості комплексів Мезенгеймера. Нещодавно результати досліджень фосфоресценції молекул протягом останніх 50-ти років були узагальнені в роботі, надрукованій у високореєтинговому журналі «Chemical Reviews» Американського Хімічного Товариства.

Протягом 1974–1988 рр. Мінаєв Б. П. працював спочатку доцентом кафедри теоретичної фізики, а потім завідувачем кафедри фізичної хімії Карагандинського державного університету (КарДУ). Саме в КарДУ Мінаєв розробив свою знамениту теорію інтенсивностей синглет-триплетних переходів у видимій та ближній ІЧ області спектру молекулярного кисню.

У 1984 році Б. П. Мінаєв захистив докторську дисертацію за спеціальністю 02.00.04. – фізична хімія на тему: «Теоретичний аналіз і прогнозування ефектів СОВ в молекулярній спектроскопії і хімічній кінетиці». У листі за підписом академіка В. А. Легасова експертна рада ВАК СРСР дозволила Б. П. Мінаєву отримати ступінь доктора хімічних наук на основі захисту автореферату без написання дисертації. Захист пройшов в Ордену Леніна Інституті хімічної фізики імені М. М. Семенова АН СРСР в Москві і викликав великий інтерес у науковій спільноті.

До складу Вченої Ради Інституту входили провідні академіки і вчені АН СРСР (серед них два Нобелівських лауреати). У 1984 році в КарДУ була створена друга в Радянському Союзі (після МДУ) кафедра квантової хімії, яку очолив професор Б. П. Мінаєв. За цей час він підготував шість кандидатів і двох докторів наук. Наукова школа Б. П. Мінаєва зайняла міцні позиції в квантовій хімії колишнього СРСР і набула широкої популярності за кордоном.

Посилення хаосу внаслідок перебудови та розпаду СРСР змусило Б. П. Мінаєва виїхати з Казахстану. Він був запрошений за конкурсом на посаду завідувача кафедри хімії до філії Київського політехнічного інституту в м. Черкаси і з лютого 1988 року працював у цьому ВНЗ, який пізніше був реформований у Черкаський державний технологічний університет (ЧДТУ). За час роботи в ЧДТУ Б. П. Мінаєв підготував трьох кандидатів наук. Одночасно професор Мінаєв читав лекції з квантової хімії в Черкаському національному університеті імені Богдана Хмельницького (ЧНУ). У 2007 р. він перейшов на посаду завідувача кафедри органічної хімії ЧНУ, а пізніше – на посаду завідувача створеної ним кафедри хімії та наноматеріалознавства.

Таким чином, ось вже більше ніж чверть століття в Черкасах проводяться дослідження електронної будови, спектрів і хімічної реакційної здатності молекул з урахуванням спин-орбітальної та інших слабких магнітних взаємодій, початок яким покладено працями професора Мінаєва. Крім традиційного підходу до магнетохімії, коли магнітні збурення враховуються для розрахунку надтонкої структури в спектрах електронного парамагнітного резонансу (ЕПР) радикалів або ядерного магнітного резонансу (ЯМР) діамангнітних молекул, у роботах Мінаєва акцентується увага на роль триплетних станів у хімії, молекулярній електроніці, біохімії і каталізі при розрахунку СОВ, спин-спінової взаємодії, анізотропії g-фактора та інших магнітних взаємодій.

Наукові праці Мінаєва Б. П. відображають вагомі досягнення вченого в галузі квантової хімії і молекулярної електроніки. До них належать дослідження ефектів спин-орбітальної взаємодії в молекулах та їх впливу на спектри, фотохімію, люмінесценцію, провідність, магнітні та хімічні властивості молекул. Борис Пилипович є автором концепції спин-каталізу та її застосування у ферментативному, гомогенному і гетерогенному каталізі. Він вперше розрахував інтенсивності атмосферних смуг молекулярного кисню, показав роль спин-орбітальної взаємодії у формуванні магнітної фосфоресценції кисню, розробив квантову теорію фосфоресценції ненасичених вуглеводнів і барвників, спінового розщеплення в нульовому магнітному полі, надтонкої структури у триплетному стані та впливу розчинника на ці параметри електронного парамагнітного резонансу.

Б. П. Мінаєвим спільно з колегами з Королівського технологічного університету (м. Стокгольм) проведено квантово-хімічні розрахунки електронної будови ряду ферментів флавопротеїдів і купрум вмісних амінооксидаз. Ці ферменти утворюють супероксид-іон O_2^- , те ж саме відбувається і при мимовільному окисненні гемоглобіну, ферредоксинів і адреналіну. Виявилось, що активація кисню, ця вікова загадка біохімії, зводиться до дуже простого та ясного з фізичної точки зору спінового ефекту: великій спин-орбітальній взаємодії між квазівиродженими станами супероксид-іона, утвореного в радикальній парі з ферментом флавопротеїду, та швидкій спин-гратковій релаксації в цьому радикалі. Ці ідеї були висвітлені у 2002 році на конгресі в Токіо. Звідси можна зробити висновок, що найбільш ефективною медициною може бути та, що безпосередньо впливає на квантові переходи в живих клітинах за допомогою електромагнітних полів СВЧ і радіодіапазону терагерц. СВЧ поля давно використовуються в лікуванні і в діагностиці (ядерна томографія заснована на спектрах ЯМР, тобто на переходах між спіновими підрівнями ядер).

Ще одним прикладом квантової медицини є використання лазерів видимого діапазону для терапії раку. До хворої клітини підводиться барвник, потім за допомогою лазера і світловода його переводять у збуджений стан. Барвник переносить свою енергію електронного збудження на триплетний молекулярний кисень, завжди присутній в клітинних розчинах, і виходить нова активна форма 1O_2 – синглетний кисень в стані $^1\Delta_g$. Для синглетного кисню немає заборони по спіну в реакціях з діаманітними речовинами, і він дуже реакційноздатний. Такий кисень вбиває хворі клітини. Теоретичним дослідженням синглетного кисню присвячено понад сотні статей Мінаєва та його учнів, захищена докторська і вісім кандидатських дисертацій.

Багато уваги Б. П. Мінаєв приділяє і проблемам екології. Поглинання стратосферного озону в ближній УФ області рятує життя на Землі від згубних променів Сонця. Мінаєвим та його учнями з ЧДТУ багато років проводилася робота за держбюджетною тематикою по розрахунках спектрів поглинання озону і його фотокаталітичного розпаду за участю оксидів галогенів. Дослідження спин-селективності процесів фотолізу цих кислот і самого озону дозволяє робити висновки про можливий вплив зовнішніх магнітних полів на озоновий шар.

В останні роки Б. П. Мінаєв приділяє багато уваги застосуванню квантової хімії у нанотехнологіях. Тепер можна збирати нанокластери «вручну», що дозволяє вбудовувати їх в напівпровідникові структури, використовувати їх як елементи пам'яті, молекулярні провідники тощо. Фулерени і нанотрубки володіють унікальними властивостями, які можна використовувати в електроніці, в квантових комп'ютерах, в діагностиці ДНК, в генній інженерії і в медицині. Тут квантова теорія безпосередньо перетинається з технологією. Розрахунками їх електронної структури займаються багато лабораторій США, Японії та інших країн. Б. П. Мінаєвим вперше враховані ефекти впливу СОВ на провідність таких полімерів і молекулярних провідників.

Мова йде про нову галузь наноматеріалознавства – спінтроніку. Ці дослідження тісно пов'язані з проблемою спін-каталізу, якою Б. П. Мінаєв займається багато років.

За час роботи в Черкасах Б. П. Мінаєв показав, що ефекти спін-орбітальної взаємодії відіграють важливу роль у багатьох фізичних, хімічних і біологічних процесах. Вони важливі в каталізі, молекулярній електроніці, хімії атмосфери, фізиці горіння, біології, диханні клітин. У 1993 році на семінарі відділу молекулярної електроніки у місті Лінчепінг (Швеція) Б. П. Мінаєв вперше акцентував увагу на тому, що в органічних світловипромінюючих діодах (ОЛЕДах) важливі ефекти спін-орбітальної взаємодії, тому що синглет-триплетні переходи втричі підвищують ефективність рекомбінації електронів і дірок при електролюмінесценції ОЛЕДів. У 1999 році в США ця ідея була втілена у життя при використанні комплексів важких іонів іридію. Мінаєв першим тоді застосував теорію функціоналу густини для розрахунку спін-орбітальної взаємодії в комплексі Ir(III) з фенілпіридилними лігандами для пояснення роботи фосфоресцентних ОЛЕДів. У подальшому ці роботи заклали основу для нових напрямків у розвитку молекулярної електроніки у співробітництві з кафедрою електронних приладів Національного університету «Львівська політехніка». Цикл робіт по ОЛЕДах узагальнений в огляді, опублікованому в журналі *Physical Chemistry Chemical Physics* у 2014 р., який за даними агенції Scopus процитований уже близько 200 разів.

Новий напрям у розвитку кафедри хімії та наноматеріалознавства ЧНУ був започаткований у 2011 році і пов'язаний з дослідженнями циркуленів. Ці матеріали привернули увагу Бориса Пилиповича завдяки своїй високій симетрії і тим, що їх стали використовувати для ОЛЕДів. Було проведено великий цикл квантово-хімічних розрахунків електронної будови, ІЧ та УФ спектрів тетраоксациркуленів, їх магнітних і ароматичних властивостей. Були запропоновані моделі нових алотропних модифікацій графену. Зокрема, стаття «DFT characterization of a new possible graphene allotrope» в журналі «*Chemical Physics Letters*» видавництва «Elsevier» була винесена на обкладинку журналу за вибором редактора як найбільш значущої статті у даному номері.

Багато уваги Борис Пилипович приділяє роботі з молоддю. У роботі з аспірантами Борис Пилипович дуже вимогливий і одночасно дуже щедрий: він постійно ділиться своїми знахідками, дарує ідеї і взагалі дуже допомагає в цій важкій роботі по розрахунку електронних властивостей молекул. Під його керівництвом виконано та захищено 16 дисертаційних робіт на здобуття наукового ступеня кандидата хімічних наук та 4 – доктора хімічних наук.

Науковий доробок Б. П. Мінаєва складає понад 600 статей у фахових світових журналах у сфері квантової хімії та 6 монографій. Три з них – у видавництві «Наука»: «Теория электронного строения молекул» (1988), «Квантовая электрохимия алкалоидов» (1986), «Оптические и магнитные свойства триплетного состояния» (1983). Підручник «Органічна електроніка» (2014) був виданий у Національному університеті «Львівська Політехніка», монографія «Електронна будова та спектральні властивості гетероциркуленів» (2017) – у видавництві ЧНУ. Два великих розділи опубліковані у монографіях «Organic Light Emitting Diode – Material, Process and Devices» (2011) та «Handbook of Computational Chemistry» (2017). Університет Лінчепінгу (Швеція) опублікував об'ємну роботу «Spin Catalysis» за 5 років роботи Б. Мінаєва. Роботи професора Мінаєва Б. П. добре відомі у світі, опубліковані у провідних міжнародних наукових журналах і широко цитуються у світовій науковій літературі. На сьогоднішній день, за даними всесвітньої агенції «Scopus», Мінаєв Б. П. має рейтинг Хірша $h = 36$.

Борис Пилипович є лауреатом світової премії «World Lifetime Achievement Award ABI-USA-1999», нагороджений медаллю «25 років Центрально-Казахстанському

відділенню національної АН Республіки Казахстан» за заслуги у розвитку хімічної науки республіки (2010), почесним званням «Заслужений діяч науки і техніки України» (2011), премією «Scopus Award Ukraine» (2016), Грамотою та медаллю Кабінету Міністрів України (2017). У червні 2016 року Б. П. Мінаєв був обраний академіком Академії наук Вищої школи України.

Колектив ННІ природничих наук ЧНУ, редакційна колегія журналу «Вісник Черкаського університету», учні та колеги вітають професора Мінаєва Бориса Пилиповича з 75-річчям та бажають йому подальшої плідної роботи.

Література

1. Литвин В. А., Мінаєва В. О., Карауш-Кармазін Н. М., Баришніков Г. В. Учений, учитель, ентузіаст. Борис Пилипович Мінаєв. До 75-го дня народження. Черкаси : Вид. Чабаненко Ю. А., 2018. 80 с.
2. Мінаєв Борис Пилипович: доктор хімічних наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України. Біобібліографічний покажчик. Черкаси: Вид. від. ЧНУ ім. Б. Хмельницького, 2012. 117 с.
3. Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького. К.: Світ Успіху, 2009. 207 с.
4. Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького. Черкаси: Вертикаль, 2016. 184 с.

References

1. Litvin V. A., Minaeva V. A., Karaush-Karmazin N. N., Baryshnikov G. V. (2018) Scientist, Teacher, Enthusiast. Boris Filipovych Minaev: On the 75th anniversary. Cherkasy : Chabanenko Yu. A., 80.
2. Minaev Boris Filippovich: Doctor of Chemical Sciences, Professor, Honored Worker of Science and Technology of Ukraine. Bibliographic index. (2012). Cherkasy: Pub. Depart. of the B. Khmelnytsky ChNU, 117. (in Ukr.).
3. Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy. K.: *Svit Uspikhu [The World of Success]*, 2009. 207. (in Ukr.).
4. Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy. Cherkasy: *Vertikal' [Vertical]*, 2016. 184. (in Ukr.).

Summary. *Gavrilyuk M. N., Lyzohub V. S., Panchenko O. O., Karaush-Karmazin N. M., Minaeva V. O. On the 75th Anniversary of Birthday and 55 years of Scientific Activity of the Doctor of Chemical Sciences, Professor, Honored Science and Technology Worker of Ukraine – Boris Filipovych Minaev. The article highlights the main periods of life, scientific and pedagogical activity of the Doctor of Chemical Sciences, Professor, Head of the Department of Chemistry and Nanomaterials Science – Boris Filippovich Minaev. The main directions of Minaev's scientific interests are the spin-orbit coupling effects in molecules and their influence on spectra, biochemistry, luminescence and chemical reactivity. His scientific works are well-known in the world. They are published in the leading international journals and are widely cited in the scientific literature. According to Scopus agency the Hirsch index of Minaev B. F. equals $h = 36$.*

Key words: *Minaev Boris Filippovich, quantum chemistry, spin-orbit coupling effects, Hirsch index.*

Гаврилюк М. Н., Лизогуб В. С., Панченко О. О.,
Карауш-Кармазін Н. М., Мінаєва В. О.

Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького

Одержано редакцією 07.08.2018
Прийнято до публікації 25.10.2018