

УДК 541.1:541.42:547

**ФІЗИКО-ОРГАНІЧНА ХІМІЯ 60–70-х РОКІВ, ТРИ ВКЛАДИ
АКАДЕМІКА Л. М. ЛИТВИНЕНКА**

Опейда Й.О.

Відділення фізико-хімії горючих копалин Інституту фізико-органічної хімії
і вуглехімії ім. Л. М. Литвиненка НАН України, відділ хімії

окислювальних процесів, м. Львів, Україна, e-mail:

Opeyda.Jo.O@nas.gov.ua

Стаття до 100-річчя з дня народження Л. М. Литвиненка – видатного вченого та великого організатора науки на Донбасі. Його наукова творчість була присвячена фізико-органічній хімії, в розвиток якої він вніс три дуже важливі вклади: у саму науку; у створення академічного Інституту, де велись широкі дослідження в цій області; в організацію Університету, на хімічному факультеті якого навчали студентів і аспірантів основам сучасної хімії та фізико-органічної хімії. Автор ділиться також спогадами про непересічну особистість, академіка Л. М. Литвиненка, в Інституті якого працював і виріс за цей час від аспіранта до професора.

Ключові слова: фізико-органічна хімія, Л. М. Литвиненко, Донецький державний університет, Інститут фізико-органічної хімії і вуглехімії НАН України.

**PHYSICO-ORGANIC CHEMISTRY of 60–70 YEARS, THREE
CONTRIBUTIONS OF ACADEMICIAN L. M. LYTUVYENKO**

Opeida I.

Department of Physical Chemistry of Fossil Fuels L. M. Lytvynenko Institute of
Physical Organic Chemistry and Coal Chemistry of NAS of Ukraine,
department of chemistry of oxidation processes, Lviv, Ukraine, e-mail:

Opeyda.Jo.O@nas.gov.ua

The article is dedicated to the 100-th anniversary of the birth of L. M. Litvinenko, a prominent scientist and great organizer of science on Donbass. His scientific work was devoted to physical organic chemistry, in the development of which he made three very important contributions: to science itself, to the creation of an academic institute, where extensive research was conducted in this field, and to the organization of the university, which taught students and graduate students modern chemistry and physical and organic chemistry in particular. The author also shares his memories of the extraordinary personality of Academician L. M. Litvinenko, at whose institute he had the honor to work with him and grow during this time from graduate student to professor.

Key words: physical-organic chemistry, L. M. Litvinenko, Donetsk State University, Institute of Physical Organic Chemistry and Coal Chemistry of NAS of Ukraine

ФИЗИКО-ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ 60–70-х ГОДОВ, ТРИ ВКЛАДА АКАДЕМИКА Л. М. ЛИТВИНЕНКО

Опейда И.

Отделение физико-химии горючих ископаемых Института физико-органической химии и углехимии им. Л. М. Литвиненко НАН Украины, отдел химии окислительных процессов, г. Львов, Украина,
e-mail: Opeyda.Jo.O@nas.gov.ua

Статья к 100-летию со дня рождения Л. М. Литвиненко – выдающегося ученого и большого организатора науки на Донбассе. Его научная деятельность была посвящена физико-органической химии, в развитие которой он внес три очень важных вклада: в саму науку; в создание академического Института, где проводились широкие исследования в этой области; в организацию Университета, на химическом факультете которого учили студентов и аспирантов основам современной химии и физико-органической химии. Автор делится также воспоминаниями о незаурядной личности, академике Л. М. Литвиненко, в Институте которого работал и вырос за это время от аспиранта до профессора.

Ключевые слова: физико-органическая химия, Л.М.Литвиненко, Донецкий государственный университет, Институт физико-органической химии и углехимии им. Л. М. Литвиненко НАН України.

There has grown up a body of fact, generalization, and theory that may properly be called physical organic chemistry. The name implies the investigation of the phenomena of organic chemistry by quantitative and mathematical methods.

Louis P. Hammett, 1940

Річниця з дня народження академіка Л. М. Литвиненка – видатного вченого в області фізико-органічної хімії та талановитого організатора, є доброю нагодою відзначити його три великі вклади в розвиток цієї науки. Символічно, що ця дата збігається з датою народження самої фізико-органічної хімії. Адже саме в 20-х роках минулого століття були поставлені експериментальні роботи та потрактовані, з використанням кількісних і математичних методів їх результати, використовуючи підходи, які згодом отримали назву фізико-органічних.



Першим є вклад у розвиток фізико-органічної хімії – нової, і не усіма признаної на час його наукової діяльності, області хімії, відображений в його книгах, статтях, винаходах, де викладено результати досліджень в області теорії та практики органічних реакцій, керованого ним великого наукового колективу.

Другим вагомим вкладом є організація науково-дослідного академічного Інституту фізико-органічної хімії і вуглекімії НАН України (ІнФОВ НАНУ), де він був беззмінним директором і якому присвоєне ім'я Л. М. Литвиненка. Більшість відділів в Інституті розробляли теми, пов'язані з фізико-органічною хімією.

Третім вкладом була організація Донецького державного університету, де академік Л. М. Литвиненко був першим ректором. На хімічному факультеті ним організовано дві кафедри: органічної хімії та біохімії, де студентів та аспірантів навчали розробленим фізико-органічною хімією інструментам, які можна використовувати для розуміння природи хімічних реакцій, контролю та створення нових процесів та речовин.

Історія виникнення фізико-органічної хімії та її розвиток у 50-70-х роках. Це роки, коли в цій області ефективно і плідно працював

академік Л. М. Литвиненко. Виникла фізико-органічна хімія з органічної хімії, яка довго вважалась мистецтвом, для розвитку якої виявилось достатньо наглядних структурних моделей органічних молекул. Успішно також розвивалась фізична хімія, яка на рівні законів хімічної термодинаміки пояснювала і передбачала перебіг хімічних реакцій. Витоки області хімії, названої *фізична органічна хімія*, знаходять у роботах, де для органічних реакцій використовували фізичні методи чи теорії, зазвичай датуються початком ХХ століття. Сюди відносять роботи В. Мейєра, в яких введено поняття стеричної перешкоди, роботи Ю. Штігліца, де висловлена гіпотеза щодо існування карбокатионів, роботи М. Гомберга про відкриття вільного радикала трифенілметилу. До хіміків фізико-органіків зараховують Х. Меєрвайна, який в 1922 р. вивчав кінетику перегрупування похідних терпену в різних розчинниках. Це був не звичний для хіміків-органіків підхід і висновок про те, що перегрупування відбувались за участі нестійких йонних органічних проміжних сполук, а загальноприйнятим вважалось, що йонні хімічні частинки є виключно областю неорганічної хімії. Становлення фізико-органічної хімії датується періодом між 1920 і 1940 роками.

В 20-х роках почалось більш чітке формулювання ключових понять у фізичній органічній хімії. З'явилось перше лінійне рівняння вільної енергії, відношення Бренстеда. На початку 20-х були сформульовані поняття про основні реактивні проміжні хімічні частинки, а саме карбокатиони, вільні радикали, карбаніони та карбени, почали застосовуватись кінетичні дослідження механізмів реакції; розглядались окремі фактори, що дозволяють описати взаємозв'язок структура – реактивність, такі як стереохімія, стеричні ефекти та електронні ефекти замісників.

Досягнутий прогрес у представленні нуклеофільних заміщень у молекулярних термінах Льюїса. Для пояснення органічної структури та механізмів реакції Лоурі, Інгольдом і Робінсоном були введені ідеї про електронні переміщення. З 1920-х років починається розвиток квантової хімії і Е. Гюккелем закладено основи використання її для опису електронної

структури та реакційної здатності органічних сполук. Це також був період запеклих суперечок, взаємозв'язки між різними дослідженнями не були очевидними, не було консенсусу щодо багатьох механізмів. Багато загальноприйнятих теорій сприймалися з недовірою, а карбокатиони та вільні радикали дехто вважав вимислом, незважаючи на експериментальні докази їх існування.

Описуючи цей період розвитку органічної хімії К. Інгольд стверджував, що «мистецтво предмета [зменшувалось], його наука зростала». У 1934 р. К. Інгольд опублікував "Принципи електронної теорії органічних реакцій", а Л. Гаммет закріпив назву за новою областю хімії публікацією підручника 1940 року «Фізична органічна хімія», де визначив фізичну органічну хімію як «...дослідження явищ органічної хімії кількісними та математичними методами». Почався її розвиток як окремої науки. Наприкінці 1950-х та на початку 1960-х років відбулось широке впровадження фізико-органічної хімії в навчальні плани з хімії для студентів і невдовзі з'явилися фундаментальні підручники з цієї дисципліни.

Особливе значення для визнання фізико-органічної хімії як чітко визначеної дисципліни мала організація першої конференції з механізмів реакцій Ч. К. Прайсом (Нотр-Дам) та П. Д. Бартлеттом (Гарвард) у вересні 1946 р. в університеті Нотр-Дам. Довгу історію має серія конференцій з фізико-органічної хімії, що проводяться під егідою IUPAC, з моменту їх першої – в Кран-сьюр-Сієр, Швейцарія, в 1972 р. до 25-ої (ICROS 25) – у Хіросімі, Японія, липень 2020 р.

Американське хімічне товариство запровадило премію Д. Норріса з фізико-органічної хімії. Першим нею був нагороджений К. Інгольд (1965 р.), а другим – Л. Гаммет (1966 р.).

Широкі дослідження із застосуванням фізичних методів і використанням фізико-хімічних, термодинамічних та кінетичних моделей для встановлення кількісних залежностей між структурою сполуки і її

властивостями в органічній хімії сприяло появі та розвитку фізико-органічної хімії. Такі питання, як "селективність – реактивність"; виконання співвідношень LFER, ступінь, до якого лінійні співвідношення вільної енергії (LFER) надають інформацію щодо структури перехідного стану; обґрунтованість існування ізокінетичної температури та багато інших також стали предметом активного дискурсу в фізико-органічній хімії, провідними представниками якої того часу були К. Інгольд, Л. Гаммет, С. Вінштейн, Дж. Геммонд, П. Бартлетт, Ф. Вестгеймер, В. Пальм. Сприяв забезпеченню збалансованого органічного та фізичного підходів П. Бартлетт, який наголошував на ролі синтетичної хімії, як засобу, для перевірки фізико-органічних теорій.

1960-ті та 1970-ті роки можна вважати розквітом «класичної» фізико-органічної хімії. Її розвиток, часто супроводжуваний суперечками та розбіжностями серед найвизначніших хіміків епохи, привели до уточнення інтерпретації ефектів замісників, розчинника та анхімерної співдії.

Про Донецький науковий центр. Основою розвитку науки є інституції, високоорганізовані наукові колективи. Можливість їх створення випадає далеко не всім, навіть найвідомішим вченим. Л. М. Литвиненко отримав такий шанс і успішно використав його для розвитку обраної ним науки. Тут необхідно сказати про соціальні передумови. У середині 1950-х років у вугільній промисловості Донбасу намітились кризові явища: знизилась темп вуглевидобутку, наростала кількість невирішених соціальних проблем у шахтарських містах і селищах. Керівником найбагатшої області на той час був **В. І. Дегтярьов**, непересічна особистість з великим управлінським досвідом. Чітке розуміння проблем та способів їх вирішення він виклав у кількох публікаціях, зокрема у двох книгах. Для нього була очевидною необхідність активізації науково-технічного розвитку краю. Разом з тим були серйозні проблеми в науковому забезпеченні регіону. Для розвитку Донбасу необхідно було розвивати фундаментальні дослідження в галузі математики, механіки, фізики, хімії,

геології, біології. Було прийняте рішення, активно підтримане авторитетним академіком Б. Є. Патонем, про створення Донецького наукового центру Академії наук УРСР. Цікаво чи у призначенні Л.М.Литвиненка його очільником відіграв, крім високих особистих якостей професора як людини та науковця, ще й той факт, що він, як і В.І.Дегтярьов, був родом з Кубані. Масштаб робіт з розбудови наукового центру був величезним: споруджено більше 20 тис. кв. м лабораторних площ, будинки з більше ніж 400 квартирами, аспірантський гуртожиток, виділено кошти і відведено землю під будівництво академічних інститутів. Зокрема під будівництво Ботанічного саду в Донецьку було виділено 275,5 га землі.



На закладці Ботанічного саду. Академік Б.Є.Патон (другий зліва), керівник області В.І. Дегтярьов, директор ботанічного саду д.б.н Є. М. Кондратюк та керівник Донецького наукового центру академік Л.М. Литвиненко (крайній справа).

Л. М. Литвиненко зустрівся з нелегким завданням – за короткий час, фактично з нічого, організувати спочатку Донецьке відділення фізико-органічної хімії Інституту фізичної хімії ім. Л. В. Писаржевського АН УРСР (ДОФОХ ІФХ АН УРСР), а потім і окремий академічний Інститут. Дещо

легше було з Університетом, що створювався на базі Донецького педагогічного інституту, але факультетів з природничих наук там не було. Хімічний факультет та лабораторії ДОФОХ ІФХ АН УРСР треба було створити, починаючи з облаштування приміщень (класів, виділених під лабораторії у бувшій середній школі), придбання та виготовлення потрібного наукового обладнання. Було виділено кошти і відведено землю під будівництво академічних інститутів – фізико-технічного та хімічного.



Ось тут буде закладено академічні інститути.

Президент АН УРСР академік Б. Є. Патон, директор ІнФОВ академік Л. М. Литвиненко, заступник директора ІнФОВ к.х.н. Л. М. Капкан та директор Фізико-технічного інституту АН УРСР академік О. О. Галкін.

У доволі короткий термін було побудовано Інститут фізико-органічної хімії і вуглехімії та хімічний факультет Донецького державного університету. Ми отримали нові, обладнані для хімічних дослідів, лабораторії, куди нарешті й перейшли з різних винайманих приміщень, розкиданих по Донецьку.

Дослідне виробництво Інституту. У цей час Академія наук УРСР, за ініціативи академіка Б. Є. Патона, ухвалює постанову про створення при академічних інститутах Дослідних виробництв. Варто відмітити, що вони не фінансувались з бюджету Академії, а мали самі заробляти кошти, тобто

виробляти цінні реактиви. Леонід Михайлович вирішує створити при Інституті Дослідне виробництво. Це було актуально, бо скорочувало дистанцію між розробками наукових відділів та промисловістю. Становлення Дослідного виробництва йшло складно, та справи покращились, коли директором його став Ю. О. Васильєв. При ньому налагодилась взаємодія між відділами та виробництвом. Почали виробляти унікальні, дефіцитні продукти, що забезпечило зростання фінансування і штатів Дослідного виробництва.



Директорат ІнФОВ: ліворуч від директора, академіка Л. М. Литвиненка його заступники – кандидати хімічних наук А. Ф. Попов та Л. М. Капкан, праворуч – директор Дослідного виробництва Ю. О. Васильєв.

Кадри вирішують все. Стан на Донеччині з науковими кадрами вищої кваліфікації – кандидатів і докторів наук був вкрай незадовільним. На початку 1962 р. у вузах і науково-дослідних інститутах в найбагатшій в Україні області працювало всього біля 30 докторів наук (з них 14 – у медичному, 13 – у політехнічному інститутах). Надважливою була проблема кадрів і, як показали результати, Л. М. Литвиненко з нею блискуче впорався. Керуючись лише йому відомими принципами та високо цінуючи у вчених людські якості він запросив для організації наукових дослідницьких підрозділів та груп відомих у науковому світі фахівців, роботи яких були близькі або необхідні для вирішення проблем фізико-

органічної хімії. Це були член-кор. АН УРСР, д.х.н., професор Р. В. Кучер (фізична хімія радикальних реакцій, дослідження зв'язку між структурою та реактивністю хімічних частинок у радикальних реакціях), член-кор. АН УРСР, д.х.н., професор С. М. Баранов (синтетична органічна хімія, дослідження зв'язку між структурою та фармакологічними властивостями органічних сполук), к.х.н. Є. В. Тітов (фізико-хімічні методи дослідження органічних реакцій), к.х.н. О. І. Качурін (дослідження впливу властивостей розчинника на хімічні органічні реакції), к.х.н. В. І. Дуленко (синтетична органічна хімія, автор іменної реакції Дорофєєва-Дуленка), к.х.н. О. П. Швайка (хімія оксазолів та реакції рециклізації), к.х.н. Б. І. Черняк (кінетика рідинно-фазних реакцій окиснення органічних сполук).

При організації фізико-органічних відділів у ДОФХО ІФХ АН УРСР і в ІнФОВ, та кафедр у Донецькому державному університеті проблему кадрів Л. М. Литвиненко вирішував у першу чергу за рахунок випускників хімічного факультету Харківського державного університету та науковців науково-дослідних інститутів Харкова, роботи яких знав. Це були А. Ф. Попов, Р. С. Попова, А. І. Кириченко, В. І. Рибаченко, В. А. Савьолова, М. М. Олійник, Л. М. Капкан, В. А. Дадалі, Г. Д. Тіцкий, І. В. Шпанько, В. М. Білобров, Л. А. Перельман.

Важливим для підготовки власних кадрів було створення Спеціалізованих вчених рад із захисту дисертацій з хімічних спеціальностей. Спочатку (1969 р.) в Донецькому державному університеті ректором Л. М. Литвиненком була створена Спеціалізована рада із захисту кандидатських дисертацій хімічного профілю, а з 1974 р. в Інституті фізико-органічної хімії і вуглехімії під його головуванням почала працювати Спеціалізована вчена рада із захисту кандидатських, а згодом і докторських дисертацій за спеціальностями фізична хімія та органічна хімія, де захищались також дисертації з фізико-органічної хімії, бо такої спеціальності ВАК не передбачав. Спеціалізована вчена рада працювала без зауважень з боку ВАК і постійно переатестовувалась. За період її роботи

(1974 – 2014 рр.) захищено понад 300 дисертацій (кандидатських та докторських) з хімічних наук співробітниками ІнФОВ, Донецького державного університету, науково-дослідних інститутів та вузів Донбасу.

Разом з тим варто відмітити, що Спецрада нашого Інституту невдовзі завоювала високий авторитет не лише на Донбасі, Україні, а і в союзному та міжнародному масштабі (захищали дисертації науковці з Німеччини, Росії – Ярославлю, Волгограду та інш.).



Голова – академік Л.М.Литвиненко та секретар – к.х.н Й.О.Опейда на засіданні Спеціалізованої вченої ради.

Дискусії довкола фізико-органічної хімії. У світовій літературі дискусії довкола фізико-органічної хімії велись давно. Нова галузь викликала певну недовіру, її значення недооцінювалось або навіть заперечувалось. Це проявлялось у хіміків різних країн, але особливо в Німеччині. Однією з перешкод для визнання фізичної органічної хімії в Німеччині був великий успіх німецьких академічних та промислових дослідників саме у галузі класичної синтетичної органічної хімії та біохімії.

Їх досягнення забезпечували значну фінансову підтримку, зокрема з боку фармацевтичної промисловості, що дозволяло залучати дослідників та студентів. Виразником таких поглядів можна вважати В. Гюкеля, який розглядаючи розвиток органічної хімії, використовуючи загальнофілософські поняття, відмічав значення дедуктивного методу, оскільки він спирається на сучасні концепції атомної структури та хімічних зв'язків і де відбувається перехід від знання загальних закономірностей (інколи навіть не чітко сформульованих знань та умінь в області синтезу) до окремого його прояву. Інші роботи, де використовується переважно індуктивний метод переходу від знання окремих фактів до знання загального, створення високоспекулятивних теорій, незважаючи на те, що ці теорії можуть бути дуже геніальними і, зрештою, виявитись правильними, для практики є менш корисними. Це найчіткіше виражені закиди зі сторони «корисної» синтетичної хімії. Навіть в наші дні дискутується питання, чи варто навчати органічної хімії як науки, чи залишити її у сфері «мистецтва».

З іншої сторони, 20-30-ті – це роки перших значних успіхів квантової хімії. Е. Гюккель (брат В. Гюкеля) запропонував метод молекулярних орбіталей для квантово-хімічних розрахунків хвильових функцій і енергій подвійних зв'язків в органічних сполуках. Він отримав пояснення стійкості ароматичних сполук на основі цього методу (правило Гюкеля). Л. Полінг запропонував метод валентних зв'язків, заснований на уявленні про те, що кожна пара атомів у молекулі утримується разом за допомогою однієї або декількох загальних електронних пар. Це дозволило йому передбачити будову та реактивність багатьох хімічних частинок. Тож здавалось, що перспективи квантової хімії у вирішенні основних проблем органічної хімії – знайти зв'язок між структурою та властивостями органічних молекул, лежать саме тут.

Дискусії на союзному рівні. В основоположній монографії Л. Гаммета останній розділ присвячений фізико-органічній хімії радикалів та реакцій окиснення, що були предметом дослідження у відділі

радикальних процесів Інституту. Найпотужнішою школою з фізико-органічної хімії була школа професора В. Пальма в Тартуському університеті, Естонія. Будучи аспірантом, я отримав можливість попрацювати кілька тижнів у лабораторії В. Пальма, який прийняв мене на прохання мого керівника, академіка Р. В. Кучера. Більшість часу я провів в його робочому кабінеті, де стояла велика шафа з відбитками статей, присланих В. Пальму їх авторами. Професор не тільки дозволив мені користуватись його бібліотекою, але й охоче допомагав зрозуміти суть робіт. Принагідно він зачепив важливу і актуальну тему про дискусії довкола розвитку фізико-органічної хімії, розповідаючи про перипетії, які у нього виникли з Інститутом хімічної фізики АН СРСР при захисті докторської дисертації. У цьому, очолюваному Нобелівським лауреатом, академіком М. Семеновим, Інституті вважали найбільш продуктивним шляхом пошуку підходів до опису залежностей властивостей хімічних сполук, зокрема їх реактивності – ключової хімічної властивості, від їх електронної будови, описуючи рух ядер та електронів законами квантової механіки, статистичної фізики та хімічної кінетики. Методи класичної фізико-органічної хімії не були достатньо обґрунтованими. Тож, коли В. Пальм звернувся в Інститут хімічної фізики з докторською дисертацією, йому відмовили у захисті. Захистився він успішно в Ленінградському університеті.

Дискусії в Інституті. Гарячими були дискусії між член-кор. АН УРСР Є. С. Рудаковим та член-кор. АН УРСР С. Н. Барановим про значення і переваги методів класичної фізичної хімії та хімічної кінетики і «корисної» синтетичної хімії, яка часто справедливо тяжіла до мистецтва.



Член-кор. АН УРСР Є. С. Рудаков (ліворуч) та член-кор. АН УРСР С. Н. Баранов у кабінеті академіка Л.М.Литвиненка

Є. С. Рудаков, що дещо пізніше був запрошений до Інституту Л. М. Литвиненком разом зі своїми співробітниками (В. В. Замащиковим, І. В. Кожевниковим, О. М. Осиповим, Р. І. Рудаковою, В. П. Третьяковим), уособлював строгий фізико-хімічний кінетичний підхід до вивчення каталізу в процесах окиснення та хімічної кінетики.

С. Н. Баранов вважав, що безперечна «корисність» синтетичної органічної хімії виправдовує її підходи, які межують подекуди швидше з мистецтвом. Яскравим представником цього напрямку був його учень Роберт Кочканян, який в своїх планах синтезу часто піднімався до захоплюючих фантазій.

Про протистояння фізико-органічна хімія – квантова хімія. Це протистояння проявлялось на семінарах та при захисті дисертацій. Інколи дискусії були досить жорсткими і навіть відбивались на долі людей. Зокрема мені згадується один з таких фактів. Після призначення вченим секретарем спецради мене командували у ВАК СРСР на консультацію, де були отримані вичерпні інструкції від голови експертної ради з природничих наук. У розмові активну участь брав експерт – д.х.н. А. Л. Бучаченко з

Інституту хімічної фізики СРСР. Мене попросили висловити свою думку з приводу певних офіційних матеріалів. Це була товста папка документів, де, як виявилось, були докази щодо відхилення клопотання спецради Інституту фізичної хімії АН УРСР щодо присудження Є. В. Тітову докторського ступеня. У його фізико-хімічній роботі використовувались підходи фізико-органічної хімії. Спочатку йшлося про наукові закиди. Суть проблеми мені була добре зрозуміла, бо був на семінарах, де точились дискусії між прихильниками методів прикладної квантової хімії і «чистими» фізико-органіками. Траплялося, що результати квантово-хімічних розрахунків не підтверджували фізико-хімічних уявлень про механізм реакції та електронні взаємодії її учасників. Це був початок 70-х. Тоді для хіміків був доступний метод CNDO, один з перших всевалентних квантово-хімічних методів. Через прийняті в ньому спрощення можна було на тодішніх комп'ютерах обчислювати досліджувані молекули, однак точність отримуваних даних була дуже малою. Через те опиратися на них треба обережно. Гарячі дискусії з подібного питання в нас велись на семінарах неодноразово. Докази, що були отримані доступними методами квантової хімії, не могли бути достатніми. Важливо, що висловлені мною аргументи здалися вагомими і для А. Л. Бучаченка (ІХФ АН СРСР, де прохолодно ставилися до методів фізико-органічної хімії). Стосовно інших закидів, на мою думку, було доцільно звернутися саме до нашого Інституту, оскільки захист відбувався не в нас. Так воно і сталось, прийшов офіційний запит, відповідь ІнФОВ з Донецька і присвоєння Є. В. Тітову ступеня доктора хімічних наук.

Загалом прямо чи не прямо на семінарах Інституту часто заперечувалась застосовність класичних методів квантової хімії до обґрунтування підходів у фізико-органічній хімії. Не вступав у пряму дискусію керівник відділу теоретичної хімії д. фіз-мат. наук М. М. Местечкін, який вважав, що для отримання чітких відповідей необхідно вдосконалювати існуючий теоретичний апарат прикладної квантової хімії, чим він і займався. Разом з тим треба згадати про знакову

роботу його аспіранта, а потім і докторанта Ю. Б. Висоцького, в якій він зробив вдалу спробу, з використанням метода збурень, показати можливості квантової хімії для пояснення залежностей типу структура – реактивність.

Результати дослідження. Наукові досягнення. Саме на 60–70-ті роки й припадає наукова діяльність великої групи молодих і вмотивованих дослідників, що приїхали з академіком Л. М. Литвиненком з Харківського державного університету, де починаючи з середини 50-х він провів ряд важливих досліджень в області каталізу органічних реакцій і взаємозв'язку між будовою і реакційною здатністю органічних сполук.

У роботах Л. М. Литвиненка розробляється новий для органічної хімії напрямок – екстратермодинамічний підхід, пов'язаний з пошуком, за допомогою кореляційного аналізу, залежностей між структурою реагентів та характеристиками їх реакцій. Цей підхід покладений в основу отриманих Л. М. Литвиненком із співробітниками кореляційних рівнянь, що описують залежність структура – реактивність. У дослідженнях велика увага приділялася пошуку способів кількісного опису структурних ефектів. Було запропоновано рівняння для кількісного врахування впливу природи відхідної групи у субстраті, рівняння для кількісного врахування електронного та стеричного ефектів у аліфатичних амінах на їх реакційну здатність, а також рівняння перехресної кореляції для врахування взаємного впливу замісників у реакціях. З'являється серія його наукових робіт, присвячених дослідженню кінетики ацилювання амінів, взаємозв'язку структури органічних сполук та їх реакційної здатності, ефектам середовища, нуклеофільного і загальноосновного каталізу реакцій ацильного переносу в неводних середовищах. Цей підхід виявився продуктивним при встановленні нових залежностей типу структура молекули – її біологічна активність.

Академіком Литвиненком Л. М. продовжено, розпочаті у Харкові, роботи з вивчення нового явища у фізико-органічній хімії – *позитивного місткового ефекту*. Це вплив замісників на реакційний центр, що

проявляється в зміні його реактивності чи основності при введенні в молекулу між замісником і реакційним центром розділювальної ланки (містка з одного або кількох атомів чи груп). К.х.н. А. Ф. Поповим і його групою детально вивчено коло систем де проявляється позитивний містковий ефект (ПМЕ). Це зокрема біфенільні системи, де фенільні кільця розділені гетероатомами з неподіленою електронною парою або гетероароматичним ядром. Важливо, що кількісне трактування ПМЕ вдалось представити в рамках концепції лінійності вільних енергій, як різниці між вільними енергіями активації реакцій сполуки з містком та без нього при наявності тих же замісників. У поняттях класичної фізико-органічної хімії сформульовано основні умови прояву ПМЕ.

Грунтуючись на результатах широких експериментальних досліджень Л. М. Литвиненко розробляє теорію біфункціонального каталізу. Цей особливий вид каталізу біфункційними хімічними сполуками відбувається за механізмом, в якому обидві групи беруть участь у лімітуючій стадії через циклічний проміжний комплекс. Каталітична дія такого катализатора є більшою ніж адитивна дія двох різних катализаторів, кожен з яких має одну з двох функційних груп біфункціонального катализатора. Крім великого значення для практичної хімії, виявлені ним закономірності є першим кроком до зрозуміння того, як діють ферменти в живому організмі і яким має бути шлях до створення подібних за своєю активністю і селективністю високоефективних каталітичних систем на основі ферментів. Ці результати були узагальнені в оглядовій статті та монографії і знайшли широке визнання.

Як одне з найважливіших досягнень у галузі гомогенного органічного каталізу вважається відкриття електронно-збудженого каталізу на прикладі гідролізу тетраетилпірофосфату, катализованого азолами.

Найбільш цитованою за даними GoogleScholar (на 22.11.2020) є робота, яка, до речі, цитується у сучасній фундаментальній монографії.

У 1969 р. за цикл робіт в галузі дослідження механізмів органічних реакцій і дії органічних каталізаторів Л. М. Литвиненко удостоєний премії імені Л. В. Писаржевського.

Далеко не всі результати дослідження школи академіка Л. М. Литвиненка з фундаментальної та прикладної фізико-органічної хімії згадано тут, але які є оригінальними та вносять вагомий вклад у світову фізико-органічну хімію.

Вклад у розвиток хімії на Донбасі. Зусилля Л. М. Литвиненка розвинути фундаментальні дослідження з хімії на Донбасі були спрямовані на вирішення практичних завдань цього регіону. Так, проблемам вуглехімії Леонід Михайлович завжди надавав особливого значення. За його ініціативи створювались вуглехімічні відділи. Для розвитку цього напрямку було запрошено енергійного вуглехіміка, к.х.н. В. І. Саранчука, який крім наукової роботи брав активну участь у житті Інституту. Частина наукової тематики в кожному з решти відділів Інституту була присвячена вивченню вуглехімічних проблем в аспекті тих теоретичних засад, які розроблялись у даному відділі.



Академіки Л. М. Литвиненко та Р. В. Кучер (ліворуч) на засіданні робочої групи, де доцент університету В. І. Мельниченко (праворуч) підсумовує результати спільних робіт ДонДУ, ІНФОВ АН УРСР та концерну "Стирол".

За період 1966 – 1980 рр. академік Литвиненко Л. М. у Донецьку створив активно діючий науковий колектив хіміків, здатний вирішувати складні проблеми, що поставали перед хімічними підприємствами Донеччини.

Спогади. Я не входив в коло близьких знайомих Леоніда Михайловича і практично не пригадую, щоб був з ним десь у неформальній обстановці. Звісно ми багато спілкувались як голова і секретар Спеціалізованої вченої ради, то були ділові розмови, де вирішувались поточні справи. Але я добре пам'ятаю мою першу розмову з ним, що відбулась невдовзі після того, як я захистив кандидатську дисертацію і дві, нажаль, останніх, коли я вже був доктором наук і керував відділом радикальних процесів.

Спочатку про першу. На одному із семінарів, який вів Леонід Михайлович, його аспірантка доповідала результати роботи з класичної фізико-органічної тематики. Великий експеримент, відпрацьовані методики але при інтерпретації механізму мені здалося, що може бути інше пояснення. Про що я й запитав. Дисертантка відповіла, що висновок підтверджується іншими роботами кафедри. Я подякував і все було б нічого, але після семінару ми дружно усі пішли в найближчу їдальню і в черзі зав'язалась дискусія, де фізико-органіки доводили, що я не маю рації з тим уявним механізмом. Вони посилались крім усього на авторитети, в тому числі на академіка. Я не все був схильний визнати. Словом дискусія вийшла гарячою. Десь через день мене покликали до директора. Леонід Михайлович запросив сісти і несподівано питає: «Иосиф, почему Вы говорите, что гетерогенный разрыв связи всегда менее выгодный чем гомогенный?» Я напружився, бо це був мій аргумент з дискусії у їдальні, що підважував «загальноприйняте». Коротко на цифрах пояснив. Леонід Михайлович уважно слухав, уточнював. А далі перейшли до питань дискусії про механізми, яка відбулась після семінару. Побачивши його

зацікавленість і доброзичливість почув себе вільніше, що посприяло точності моїх доказів. Підводячи підсумок тривалої розмови академік несподівано запитав: «Вы не откажетесь быть оппонентом по этой работе?» Звісно я погодився.

Йшли роки. Після від'їзду академіка Р. В. Кучера мене, тоді ще кандидата наук, призначили керівником відділу радикальних процесів (47 чоловік). Кінець 1982 року. Секретар просить зайти до директора. Заходжу. Леонід Михайлович запрошує сісти і питає: «Иосиф, Вам нужен такой большой отдел?» «Нет», – відповідаю, думаючи, що він хоче розділити його, в чому була певна логіка. Але продовження дещо спантеличило. Прийшло розпорядження скоротити штати Інституту на 14 одиниць, у відділі треба скоротити 6 чоловік. Коротка розмова зменшила це число на одиницю. Порадилися у відділі, склали список. Попросив для двох відтермінувати звільнення, щоб допомогти їм знайти нову роботу. На що отримав згоду.

Навесні 1983 року, підписуючи документи Спеціалізованої вченої ради до дисертації на каталітичну тему, Леонід Михайлович несподівано запитав, чому ми не займаємось каталізом. Я відповів, що не маємо відповідного обладнання для вивчення каталізу на рівні елементарних стадій, як цього вимагає фізико-органічна хімія, а з іншого боку, пожартував я, поки що не знайшли органокаталізатора для цих процесів. Він усміхнувся: «А Вы хорошо искали?»

Невдовзі Леоніда Михайловича не стало. Насувалися нелегкі часи. Проблема недофінансування стала хронічною і її довелось вирішувати його учневі, академіку А. Ф. Попову. Обраний директором Інституту, намагаючись зберегти традиції, закладені його вчителем, він стійко вів Інститут крізь вир наступних подій.

А до проблем каталізу ми у відділі радикальних реакцій все таки прийшли. Через якийсь час було знайдено вискоєфективні

органокаталізатори (*N*-гідроксиіміди) радикально-ланцюгових реакцій окиснення, які стали предметом наших детальних досліджень. Залежність реактивності органічних субстратів від їх будови в таких каталітичних процесах, а також прискорююча дія органічних кислот при окисненні органокаталізатора добре кількісно описується з використанням принципів фізико-органічної хімії. Предметом фізико-органічної хімії є вплив розчинників на перебіг хімічної реакції. Виявилось також, що в основних середовищах луги та аміни каталізують окиснення органічних субстратів молекулярним киснем. Ефективним цей каталіз є і у випадку окиснення вугілля. Так у м'яких умовах можна окиснити вугілля усіх марок крім антрацитів.

З родини Л. М. Литвиненка я знав лише його сина Сергія, спочатку як студента. Навіть не його я запримітив, а дружню групу хлопців. Це були С. Литвиненко, К. Чотій, А. Смородінський, О. Єфременко, А. Матвієнко. Здібні студенти, які мали потяг до наукової роботи, згодом стали добрими фахівцями, більшість успішно працювали в нашому Інституті, де вирости у високо професійних хіміків.

Ближче я впізнав Сергія на початку 2010-х, коли він опановував квантово-хімічні методи для аналізу механізмів досліджуваних ним реакцій, які вважав необхідними для завершення докторської дисертації і зайшов з проханням допомогти в оцінці отриманих результатів. У розмові з'ясувалось, що він придбав сучасну програму та підручники з квантової хімії і вже детально їх простудіював. Виконав розрахунки і для одної реакції квантова хімія точно підтверджувала механізм, а для другої – ні. Знову сакраментальні для фізико-органічної хімії питання, чи правильно представляємо механізм реакції за наявними експериментальними даними (мені згадалась тоді перша розмова з Леонідом Михайловичем, суть була така ж і навіть інтонації в мові Сергія подібні). Чому більше вірити – висновкам з експериментальних даних чи результатам квантово-хімічних

обчислень, виконаних на потужному комп'ютері з найсучаснішою квантово-хімічною програмою. Ми спокійно обговорювали обидва варіанти, а пів століття тому в нашому ж Інституті довкола цього питання відбувались гарячі суперечки з наслідками для однієї з сторін. Дійшли висновку, що треба почати з аналізу механізму. Аналіз, виконаний ним разом з проф. В. В. Замашиковим показав, що інші варіанти мало ймовірні. Сергій взявся за аналіз точності квантово-хімічного методу і на моє щире здивування вийшов на наявність у обчисленнях, так званої похибки суперпозиції базисних наборів (Basis Set Superposition Error), яка при обчисленні перехідних станів у випадку багатоатомних реагентів, могла бути значною. Такого в жодному з підручників ще не було. У подальшому доля нас розвела, а Сергієві відпустила мало часу, щоб він довів почату справу до кінця.

Перспективи фізико-органічної хімії. Фізико-органічна хімія є джерелом знань, що дозволяють практичній хімії, де експеримент залишається основним, перед новим дослідженням в лабораторії спробувати оцінити наступне: чи вигідна термодинамічно ця реакція, як швидко вона йтиме та якими будуть продукти реакції. При цьому мається на увазі, як враховуючи доступні комбінації розчинника, концентрації, температури, тиску, наявності або відсутності каталізаторів та інгібіторів, світла або інших видів випромінювання, дана система реагентів може бути перетворена в необхідні продукти. Відповіді на ці питання намагається дати фізико-органічна хімія.

Завдяки хімічним знанням, хіміки створюють новий світ, що складається з таких корисних хімічних речовин як фармацевтичні препарати, засоби захисту харчових продуктів, парфуми, електронні матеріали, фільтрувальні тканини для масок, дезинфікуючі засоби.

Інструменти фізичної органічної хімії здатні підказати нам, якою має бути структура синтезованої сполуки щоби вона мала бажані властивості, включаючи біологічні та електронні. Знання закономірностей фізико-

органічної хімії допомагають хімікам-синтетикам створювати нові реакції та стратегії для вирішення проблем синтезу, визначення структур як нових сполук, так і тих, що знаходяться в природі. Фізико-органічні засоби також допомагають нам зрозуміти, як природні ферменти здійснюють синтез.

Фізична органічна хімія має чудову історію, вкладаючи розуміння в незрозумілі органічні процеси та властивості. Вона також має велике майбутнє, даючи нам уявлення про взаємозв'язок структури та властивостей хімічних частинок, різноманітних матеріалів, природних біологічно активних сполук. Вона все частіше використовуватиме сучасні обчислювальні методи, щоб полегшити аналіз багатопараметрових кореляційних рівнянь.

Мабуть, найбільш значним результатом вікового періоду досліджень фізичної органічної хімії є велика увага до механізмів органічних реакцій, структур проміжних сполук та до відношень структура–властивість, що залучило до галузі багатьох найталановитіших хіміків. Сьогодні фізична органічна хімія є важливою теоретичною основою для практики хіміка-органіка, коли розробляється нова реакція або процес. Процвітання органічної хімії, яка опиратиметься на подальший розвиток фізичної органічної хімії, також, безсумнівно, сприятиме зростанню хімії як науки в цілому.

Незважаючи на такі досягнення виникали побоювання чи фізико-органічна хімія як галузь залишиться впізнаваною, та навіть «життєздатною» (читай, чи буде фінансуватися). Такі занепокоєння звучали на симпозіумі IUPAC щодо минулого, сьогодення та майбутнього фізико-органічної хімії.

Однак переглянувши доповіді на 24-ій міжнародній конференції з фізичної органічної хімії IUPAC (ICPOC 24), де розглядались досягнення і перспективи вивчення механізмів та каталізу, фізичних основ органічної реакційної здатності, супрамолекулярної та системної хімії, і прочитавши зміст 1100-сторінкового фоліанта Е. Ансліна та Д. Догерті легко дійти

висновку, що перед фізико-органічною хімією, якій присвятив своє життя академік Л. М. Литвиненко, широкі горизонти.

Автор виражає щире подяку за допомогу при написанні рукопису вченим секретарям Інституту фізико-органічної хімії і вуглекислотної хімії ім. Л. М. Литвиненка НАН України: к.х.н. Луцику О. І. (1983-1999 рр), к.х.н. Волковій Л. К. (1999-2001 рр), к.х.н. Раєнкові Г. Ф. (2001-2014 рр).

Список літератури.

1. Meyer V. Über ein seltsames gesetz bei der esterbildung aromatischer säuren // Ber. Dtsch. Chem. Ges. – 1894. – Vol. 27. – S. 510-512.
2. Stieglitz J. On the constitution of the salts of imido ethers and other carbamide derivatives // Am. Chem. J. – 1899. – Vol. 21. – P. 101-111.
3. Gomberg M. An instance of trivalent carbon: triphenylmethyl // J. Am. Chem. Soc. – 1900. – Vol. 22. – P. 757-771.
4. Meerwein H. Über die Gleichgewichts-Isomerie zwischen Bornylchlorid, und Camphen-chlorhydrat / H. Meerwein, Konrad van Emster // Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft. – 1922. – Vol. 55. – S. 2500-28.
5. Brønsted J. N. Die katalytische Zersetzung des Nitramids und ihre physikalisch- chemische Bedeutung / J. N. Brønsted, K. Pedersen // Zeitschrift für Physikalische Chemie. – 1924. – Vol. 108, No 1. – S. 185-235.
6. Lewis G. N. Valence and the structure of atoms and molecules. American Chemical Monograph Series. – New York: The Chem.Catalog Co.,– 1923. –172 p.
7. Lowry T. M. Studies of electrovalency. Part I. The polarity of double bonds // Journal of the Chemical Society, Transactions. – 1923. – Vol. 123. – P. 822-831.
8. Lowry T. M. The transmission of chemical affinity by single bonds // Transactions of the Faraday Society. – 1923. – Vol. 19. – P. 497-502.

9. Ingold C. K. The nature of the alternating effect in carbon chains. Part V. A discussion of aromatic substitution / C. K. Ingold, E. H. Ingold // *Journal of the Chemical Society* . – 1926. – Vol. 129. – P. 1310-1328.
10. Allan, J. LII.–The relative directive powers of groups in aromatic substitution. Part IV / J. Allan, A. E. Oxford, R. Robinson, J. C. Smith. // *Journal of the Chemical Society*. – 1926. – Vol. 129. – P. 401-411.
11. Brock W. *The Norton History of Chemistry*. – New York: Norton, 1993. – 547 p.
12. Ingold C. K. Principles of an electronic theory of organic reactions // *Chem. Rev.* – 1934. – Vol. 34. – P. 225-274.
13. Hammett L. P. *Physical Organic Chemistry*. – New York, NY: McGraw-Hill Book Co., Ltd., 1940. – 424 p.
14. Gould E. S. *Mechanism and Structure in Organic Chemistry*. – New York, NY: Holt, Rinehart and Winston, Inc., 1959. – 790 p.
15. Hine J. *Physical Organic Chemistry*. – New York, NY: McGraw-Hill Book Co., Inc., 1962. – 552 p.
16. Leffler J. E., Grunwald E. *Rates and Equilibria of Organic Reactions*. – New York, NY: John Wiley and Sons, Inc., 1963. – 458 p.
17. Wiberg K. B. *Physical Organic Chemistry*. – New York, NY: John Wiley & Sons, – 1964. – 591 p.
18. Kosower E. M. *An Introduction to Physical Organic Chemistry*. – New York, NY: John Wiley & Sons, 1968. – 503 p.
19. Pross A. Limitations of the Reactivity-Selectivity Principle. Application to Free Radical Addition to Alkenes and Nucleophilic Aliphatic Substitution // *Isr. J. Chem.* – 1985. – Vol. 26. – P. 390-394.
20. Kemp D. Physical organic chemistry of benzisoxazoles. II. Linearity of the Broensted free energy relation for the decomposition of benzisoxazoles / D. Kemp, M. Casey // *J. Am. Chem. Soc.* – 1973. – Vol. 95. – P. 6670-6680.

21. Hoz S. Is the transition state indeed intermediate between reactants and products? The Michael addition reaction as a case study // *Acc. Chem. Res.* – 1993. – Vol. 26. – P. 69-74.
22. Lefflekr J. E. Concerning the isokinetic relationship // *Nature.* – 1965. – Vol. 205, No 4976. – P. 1101-1102.
23. Постаті. Нариси про видатних людей Донбасу. — Донецьк: Східний видавничий дім, 2011. — 216 с.
24. Дегтярев В. И. Производительность труда на шахтах Донбасса / В. И. Дегтярев. — К.: Техніка, 1964. — 153 с.
25. Дегтярьов В. І. У боротьбі за науково-технічний прогрес / В. І. Дегтярьов. — К.: Політвидав, 1972. — 115 с.
26. Hückel W. *Theoretical Principles of Organic Chemistry*, trans. F. H. Rathmann, vol. 1. – Amsterdam: Elsevier, 1955. – 375 p.
27. Healy E. F. Should Organic Chemistry Be Taught as Science? // *Journal of Chemical Education.* – 2019. – Vol. 96, No10. – P. 2069-2071.
28. Пальм В. А. Строение и реакционная способность органических соединений // *Успехи химии.* – 1961. – Т. 30, №. 9. – С. 1069-1123.
29. Пальм В. А. Основы количественной теории органических реакций. – Химия. Ленингр. отд-ние, 1967. – 258 с.
30. Высоцкий Ю. Б. О квантово-химической оценке, передающей способности двуядерных мостиковых систем / Ю. Б. Высоцкий, Т. М. Прокопьева, Л. М. Литвиненко // *Докл. АН СССР.* – 1977. – Т. 234, №. 4-5. – С. 854-858.
31. Литвиненко Л. М. Влияние структуры арилсульфохлоридов на скорость их реакций с алифатическими аминами / Л. М. Литвиненко, А. Ф. Попов // *Журнал общей химии.* – 1966. – Т. 36. – С. 1517.
32. Титов Е. В. Влияние заместителей на ИК- и ЯМР-спектроскопические характеристики аминокруппы фенилгидразинов

- / Е. В. Титов, Л. М. Капкан, В. И. Рыбаченко, А. Ю. Червинский // Укр. химический журнал. – 1973. – Т. 39, №.7. – С. 927-932.
33. Литвиненко Л. М. Проблема количественной оценки влияния уходящей группы X в реакциях нуклеофильного замещения $R-X^+ : Nu = R-Nu^+ : X$ / Л. М. Литвиненко, А. Ф. Попов // Реакц. способн. орг. соединений. – 1965. – Т. 2, № 2. – С. 44-45.
34. Богатков С. В. Использование стерических констант Тафта для характеристики нуклеофильности аминов / С. В. Богатков, А. Ф. Попов, Л. М. Литвиненко // Реакционная способность органических соединений. – 1969. – Т. 6, №. 4. – С. 1011.
35. Тицкий Г. Д. Взаимное влияние заместителей в реакции ацилирования первичных ариламинов и перекрестная корреляция / Г. Д. Тицкий, И. В. Шпанько, Л. М. Литвиненко, В. М. Шулико // Реакционная способность органических соединений. – 1971. – Т. 8. – С. 39-46.
36. Dadali V. A. The study of quantitative rules for the interrelation between the structure and spasmolytic activity in the series of bridged benzimidazole derivatives / V. A. Dadali, T. M. Prokopeva, L. M. Litvinenko, I. V. Komissarov, I. T. Filippov, Y. B. Vysotskii // Zhurnal Organicheskoi Khimii – 1981. – Vol. 17, No 9. – P. 1969-1976.
37. Литвиненко Л. М. Биологическая активность гуминовых кислот и способы ее оценки / Л. М. Литвиненко, Н. В. Дзумедзей & Л. И. Опейда // Докл. АН УССР. – 1980. – №. 8 – С. 44- 49.
38. Литвиненко Л. М. Реакционная способность и электронная проводимость в ряду двуядерных мостиковых систем / Л. М. Литвиненко, Р. С. Попова, А. Ф. Попов // Успехи химии. – 1975. – Т. 44, №. 9. – С. 1593-1619.
39. Перельман Л. А. Исследование кинетики взаимодействия эфиров бромуксусной кислоты с ароматическими аминами / Л. А. Перельман,

- А. Ф. Попов, Л. М. Литвиненко, Л. И. Ворошилова // Реакционная способность органических соединений. – 1971. – Т. 8, № 4. – С.1063.
40. Литвиненко Л. М. Нуклеофильный катализ кислородным центром в реакциях ацилирования / Л. М. Литвиненко, Г. Д. Тицкий // Докл. АН СССР. – 1967. – Т. 177. – С. 127-130.
41. Литвиненко Л. М. Кислород-нуклеофильный катализ. Кинетика катализируемых *N*-окисью пиридина реакций бензоилирования анилина бензоилгалогенидами / Л. М. Литвиненко, Г. Д. Тицкий, И. В. Шпанько // Ж. орг. химии. – 1972. – Т. 8. – С. 1007-1011.
42. Савелова В. А. Нуклеофильный катализ. Каталитическая активность пиридиновых оснований и их *N*-окисей в реакциях сульфамидообразования / В. А. Савелова, Т. Н. Соломойченко, Л. М. Литвиненко // Реакц. способность орган. соедин. – 1972. – Т. 9. – С. 665-679.
43. Литвиненко Л. М. К вопросу о направленном поиске новых бифункциональных катализаторов / Л. М. Литвиненко, Н. М. Олейник, Г. Д. Тицкий // Докл. АН СССР. – 1964. – Т. 157, №. 5. – С. 1153-1155.
44. Литвиненко Л. М. Бифункциональный катализ карбоновой кислотой реакции образования сложных эфиров / Л. М. Литвиненко, Г. В. Семенюк, Л. Ф. Федорова // Докл. АН СССР. – 1977. – Т. 233. – С. 371-374.
45. Литвиненко Л. М. Бифункциональный катализ диарилфосфатом в реакции образования сложных эфиров / Л. М. Литвиненко, Г. В. Семенюк, Н. П. Жильцов // Укр. Химич. журнал. – 1978. – Т.44, №.2. – С. 129-131.
46. Литвиненко Л. М. Физико-химические аспекты взаимосвязи имидазольного и ферментативного катализа / Л. М. Литвиненко, В. А. Дадали // Механизмы орг. реакций и межмолекул. взаимодействия. – 1979. – С. 3-32.

47. Литвиненко Л. М. Бифункциональный катализ / Л. М. Литвиненко, Н. М. Олейник // Успехи химии. – 1978. – Т. 47, №. 5. – С. 777-803.
48. Литвиненко Л. М. Органические катализаторы и гомогенный катализ / Л. М. Литвиненко, Н. М. Олейник. – К.: Наук. думка. – 1981. – 259 с.
- 49.1. Литвиненко Л. М. Каталитическое действие электронно-возбужденных молекул бензимидазола при гидролизе пирофосфата / Л. М. Литвиненко, В. А. Дадали, В. А. Соколенко // Докл. АН СССР. – 1972. – Т. 204, № 5. – С. 1162-1164.
50. Litvinenko L. M. Basicity and stereospecificity in nucleophile catalysis by tertiary amines / L. M. Litvinenko, A. I. Kirichenko // Dokl Akad. Nauk SSSR. – 1967. – Т. 176, №. 1. – С. 97-102.
51. Vogel P. Organic Chemistry. Theory, Reactivity and Mechanisms in Modern Synthesis / P. Vogel, K. N. Houk. – Wiley-VCH, 2019. – 1385 p.
52. Опейда Й. О. Інноваційний органокатализ—перспективний напрямок у реакціях рідинно-фазного окислення молекулярним киснем // Наука та інновації. – 2015. – Т. 11, № 6. – С. 68-74.
53. Опейда И. А. Константы скорости и изотопные эффекты для реакции отрыва Н-атома радикалом PINO от субстратов RH / И. А. Опейда, Ю. Е. Литвинов, О. В. Куц, М. А. Компанец, А. Н. Шендрик, А. Г. Матвиенко // Журнал физ. химии. – 2016. – Т. 90, №11. – С.1–8.
54. Опейда Л. І. Про особливості початкової стадії окиснення N-гідроксифталіміда перманганатом калію / Л. І. Опейда, А. Ф. Попов // Доповіді НАНУ. – 2016. – № 4. – С. 88–91.
55. Сердюк А. А. Каталитическая активность аминов в реакции окисления антрона / А. А. Сердюк, М. Г. Касянчук, И. А. Опейда // Журн. орг. химии. – 2014. – Т. 50, № 10. – С. 1460–1464.
56. Опейда Л. И. Кинетика окисления гумусовых углей в диметилсульфоксиде // Химия твердого топлива. – 2010. – № 2. – С. 41–46.

57. Tidwell T. T. Eds. *Physical Organic Chemistry for the 21st Century* / T. T. Tidwell, Z. Rappoport, C. L. Perrin, // A Symposium in Print. *Pure Appl. Chem.* – 1997. – Vol. 69, No 2. – P.1-76.
58. Cristiano M. D. L. The 24th IUPAC International Conference on Physical Organic Chemistry (ICPOC 24) // *Pure and Applied Chemistry.* – 2020. – Vol. 92, No 1. – P. 1-2.
59. Anslyn E. V. *Modern Physical Organic Chemistry* / E. V. Anslyn, D. A. Dougherty. – University Science Books: Sausalito, CA, 2006. – 1099 p.