

Савчук В.С., Сюх А.В.

**ВІХИ ЖИТТЯ І НАУКОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ФІЗИКО-ХІМІКА
М.В. ПОЛЯКОВА: ДОВОЄННИЙ ПЕРІОД**

Микола Володимирович Поляков – постать досить відома у колі вчених-хіміків. Він створив і розвинув в Україні такий напрям досліджень як гетерогенно-гомогенний каталіз. Але про життя і діяльність доктора хімічних наук, професора М. В. Полякова нині відомо небагато. Між тим, наші дослідження доводять, що в межах розвитку проблем гетерогенно-гомогенного каталізу ним разом з своїми співробітниками був розвинутий ще один цікавий напрям досліджень, який торкався проблем фізики горіння та вибухів. В історії фізики горіння та вибухів в Україні неможливо пройти повз відповідні дослідження М.В. Полякова. Причому, цей етап діяльності проходив не тільки в стінах Інституту фізичної хімії АН УРСР, але й у Дніпропетровському гірничому інституті, співробітником якого був М. В. Поляков. Інформаційну довідку про деякі напрями його наукової діяльності наведено П.О. Єгоровим та З.П. Кравченко в історичному нарисі Дніпропетровського гірничого інституту [2]. Враховуючи, що фактично відсутні упорядковані детальні дані про М.В. Полякова та його дослідження в галузі фізики горіння та вибухів у довоєнний період, який в основному пройшов у Дніпропетровську, темою нашого історико-наукового дослідження були обрані життя і наукова діяльність М.В. Полякова у цей період. Аналіз історіографії проблеми визначив у якості основи дослідження відповідні джерела, що складають архівні матеріали та оригінальні праці самого вченого.

Михайло Володимирович (Міхель Вульфович) Поляков народився у грудні 1893 р. у родині селянина-колоніста колонії Межирічі Олександрійського повіту (нині Запорізької області) Катеринославської губернії (нині Дніпропетровської області). До сімнадцяти років жив у колонії, послідовно набуваючи певної освіти та допомагаючи батькові у його селянській праці. З 7 до 12 років навчався в хедері (єврейській початковій школі), з 12 до 14 років у народній школі, яка тільки-но була побудована. Потім вчився самотужки і у 1911 р. здав

іспит на звання народного вчителя, вчителював та продовжував подальше навчання. З 1911 по 1914 р. пройшов екстерном гімназичний курс в гімназії м. Маріуполя [18; 19].

У 1914 р. М.В. Полякова було мобілізовано на військову службу. Прослуживши один рік рядовим, він потрапляє у 1915 р. у полон. Цікаво те, що саме перебування у полоні підштовхнуло молодого М.В. Полякова до подальших занять з хімії. У своєму життєписі він вказував: «Был в плену в Венгрии до начала 1919 г. Изучил немецкий и мадьярский язык. Работая на крахмальной фабрике, заинтересовался химией» [18, арк.. 49]. На початку 1919 р. М. В. Поляков повертається з полону, працює вчителем у школі рідної колонії та керує місцевою бібліотекою. Йшли роки громадянської війни і, як пише М. В. Поляков у своєму життєписі, «в конце 1919 года наша колония была разгромлена бандитами» [Там само]. Ця подія підштовхнула М.В. Полякова, якому тоді вже було близько 27 років, замислитися над своїм подальшим життєвим шляхом. Він їде до Катеринослава і в березні 1920 р. подає документи до Катеринославського університету, який тоді знаходився у стані реорганізації. Фактично М.В. Поляков став студентом Вищого інституту народної освіти (ВІНО), що надалі отримав назву Дніпропетровський інститут народної освіти (ДІНО).

У 1923 р. він закінчує хімічне відділення факультету професійної освіти ДІНО і отримує звання кваліфікованого працівника-хіміка. вже у той час він зацікавився проблемами каталізу, його вже добре знав і підтримував Л.В. Писаржевський. Дипломна робота М.В. Полякова мала назву «Влияние влаги на катализ». За результатами навчання йому було запропоновано працювати у лабораторії видатного хіміка – професора Л.В. Писаржевського за темою «Катализ і адсорбція». Надалі йому запропонували стати аспірантом при кафедрі електронної хімії, якою керував Л.В. Писаржевський [18; 19].

Організація наукової діяльності аспірантури на початку 1920-х рр. мала свої особливості. Зокрема, у зв'язку з ліквідацією університетів, перетворенням їх складових в інститути народної освіти, умови наукової діяльності погіршилися. Враховуючи численні зауваження з цього приводу представників професорсько-викладацького складу колишніх університетів та розуміючи необхідність розгортання наукової роботи, уряд пішов шляхом створення науково-дослідницьких кафедр при вищих навчальних закладах. Такі кафедри були започатковані Постановою Раднаркому УРСР від 2 грудня 1921 р. «Об учреждении научно-исследовательских кафедр» [4], яка була спрямована на розвиток науково-дослідницької роботи, підготовку наукових кадрів. У Постанові були викладені й принципи їх організації і діяльності [6].

Однією з таких кафедр була науково-дослідницька кафедра електронної хімії, відкрита у Катеринославі при Катеринославському (Дніпропетровському) гірничому інституті, заснована 1 січня 1922 р. При кафедрах відбувалася підготовка наукових кадрів, що набула форм аспірантури. Відмітимо, що політичні погляди обов'язково враховувалися при вступі до аспірантури. То ж не дивно, що у додатку до автобіографії М.В. Полякова знаходимо й таке свідчення від 20 вересня 1923 р. інспектора з питань агітації і пропаганди при Губполітпросвіті К.К. Забродського: «Я как сверстник и односельчанин Михаила Вульфовича

Полякова подтверждаю, что изложенная им его автобиография, соответствует действительности. Проработав с ним 1919/20 учебный год в трудшколе в качестве учителей, узнал его как работника, сочувствующего советской власти и стремящегося использовать свои знания в целях превращения науки достоянием широких трудовых масс» [18, арк. 48].

Цікавими документами з точки зору уявлення про особистість М.В. Полякова є особисті картки аспірантів, складені у різні роки. З них можна дізнатися, що М.В. Поляков розмовляв угорською та німецькою мовою, перекладав з французької та латини, розумів англійську мову. В цих картках можна знайти й відгуки Л.В. Писаржевського з різних питань перебування і діяльності М.В. Полякова в аспірантурі, зроблені ним власноручно. Так, оцінюючи його роботу в аспірантурі, Л.В. Писаржевський так характеризує М.В. Полякова: «Чрезвычайно трудолюбивый с прекрасно развитой инициативой работник. Сначала работал на заданную ему тему, но быстро начал работать самостоятельно, придя к мысли о возможности катализа на расстоянии. Разработал этот очень интересный вопрос экспериментально и теоретически и применил метод катализа на расстоянии к производству серной кислоты при помощи катализатора... Метод очень простой и дешевый и несомненно найдет свое применение в... практике» [19, арк. 7].

І дійсно, працездатність М.В. Полякова під час перебування в аспірантурі була надзвичайно високою. У 1925 р. (з вересня по грудень) він працював у Ленінграді в лабораторії академіка Іпатієва з питань, що торкалися проблеми каталітичного отримання сірчаної кислоти і в Оптичному інституті в лабораторії професора Рождественського. В останній він вивчав природу і характер світлового ефекту, що виникав при каталізі KClO_3 . Відзначимо, що світловий ефект було виявлено ним при проведенні досліджень. У 1926 р. М.В. Поляков у липні та серпні працював у бібліотеках Москви та Ленінграда з фаховою іноземною літературою, яка була відсутня у Дніпропетровську. Крім того за час перебування в аспірантурі він зробив декілька наукових доповідей. За даними його досліджень був вироблений новий метод заводського отримання сірчаної кислоти методом каталіза на відстані, який високо оцінив Л. В. Писаржевський. За цим же методом він отримав й азотну кислоту і почав розробляти відповідне виробництво у промислових умовах. Працював також над отриманням аміаку з використанням каталітичних методів.

Оцінюючи наслідки роботи М.В. Полякова в аспірантурі, Л.В. Писаржевський 26 вересня 1926 р. написав листа до Президії Укрнауки, в якому, зокрема, писав:

«Михаил Владимирович Поляков состоит аспирантом моей кафедры с 14 февраля 1925 г. По моему представлению Президиум Укрнауки постановил назначить М. В. Полякову стипендию в 75 р. на все время его аспирантства.

М.В. Поляков нигде не служит, работает только в кафедре, работает плодотворно, о чем свидетельствуют прилагаемые к сему две его работы (экспериментальные), напечатанные в Научных записках кафедры, и /четыре/ готовых к печати, которые будут помещены в Украинском химическом журнале.

М.В. Поляков – дельный, способный, знающий химик.

Прошу о продлении ему стипендии в сумме не менее 75 руб., как ценному научному работнику, работающему только при кафедре и нигде не служащему, не имеющему никакого постороннего заработка, кроме стипендии» [18, арк. 5].

До листа були долучені додатки, з яких можна дізнатися, якими саме питаннями каталізу займався М.В. Поляков. Напрям досліджень, обраний М.В. Поляковим, розвивався дуже плідно. Вже у 1929 р. Л.В. Писаржевський, аналізуючи праці співробітників кафедри електронної хімії, серед інших відзначав: «Потім слід окремо зазначити роботи аспіранта М. Полякова над каталізом з віддали, що розв'язали одне з основних питань гетерогенної каталізи» [5, с. 8]. У тому ж збірнику розміщено декілька наукових праць М.В. Полякова з питань з'ясування механізму каталітичного та некаталітичного розкладання KClO_3 , вивчення механізмів активування водню в контакт з палладієм, переходу електронів між іонами у хімічних реакціях тощо [1].

Зазначимо, що вже за часів аспірантури у М.В. Полякова виникають тісні наукові контакти з лєнінградськими фізиками та хіміками. Крім лабораторії академіка Іпатєва він в ці роки працював у Фізико-технічному інституті академіка А.Ф. Йоффе та лабораторії електронної хімії М.М. Семенова [1, с. 67].

На наш погляд, на подальші дослідження, проведені М. В. Поляковим у 1930-роки, могли вплинути два фактори. Перший – те, що поряд з М.В. Поляковим на тій же кафедрі, а потім і в Українському науководослідному інституті фізичної хімії, відкритому 1 листопада 1927 р., розвивав свої дослідження з фізики горіння та вибухів А.Е. Малиновський, який на той час очолював відділ фізичних вимірювань [15]. Другий фактор – це вплив досліджень, що їх проводили в лабораторії М.М. Семенова, з вивчення швидкостей газових хімічних реакцій та каталітичного впливу при гетерогенних реакціях твердих поверхонь на перебіг реакцій [16].

Саме в першій чверті ХХ ст. починає розвиватися вчення про швидкість хімічних реакцій – хімічна кінетика. Це пов'язано насамперед з декількома причинами. По-перше, необхідність з'ясування механізмів виникнення та поширення газових вибухів, по-друге, особливо важливим на той час було питання дії каталізаторів, адже з появою електричного освітлення в кам'яновугільних копальнях виникала загроза вибуху від каталітичної дії дротів ламп накаливання.

Для з'ясування механізмів дії каталізаторів була запропонована теорія ланцюгової реакції. Вперше поняття ланцюгової реакції було введено у 1913 р. Боденштейном, який намагався пояснити деякі аномалії в фотохімічних реакціях. Але головна заслуга розвитку теорії ланцюгових реакцій належить академіку М.М. Семенову. Основні положення цієї теорії полягали в тому, що при дії на молекули горючих речовин, променевої енергії, електричного заряду або теплоти вони, поглинають деяку кількість енергії і розпадаються на атоми та радикали, тобто на частинки з підвищеною хімічною активністю, які потім стають центрами ланцюгових реакцій. За свої дослідження по з'ясуванню механізму хімічних реакцій М.М. Семенов отримав Нобелівську премію з хімії.

Свій внесок у розвиток хімічної кінетики внесли й українські вчені. І тут ми повинні повернутися до праць з питань гетерогенно-гомогенного каталізу, над якими працював М.В. Поляков зі співробітниками у 1930-х роках. З 1928 по

1941 рр. М.В. Поляков працював також й у Дніпропетровському гірничому інституті. У 1934 р. він отримав звання професора, до 1941 р. керував кафедрою загальної хімії [1].

У 1932 р. М.В. Поляков разом з П.М. Стадником починають вивчення реакції між воднем та киснем в присутності платини за умов протікання процесу в об'ємі. Вони намагалися експериментально довести, що теоретичні положення про перебіг ланцюгової реакції можуть застосовуватися і при гетерогенно-гомогенному каталізі. Ще у 1929 році М.М. Семенов вказував на важливу роль досліджень механізмів гетерогенно-гомогенного каталізу як одного з чинників розвитку теорії ланцюгових реакцій.

При проведенні досліджень М.В. Поляков встановив, що при впусканні кисню та водню в однакових кількостях (1:1) до посудини вибух відбувається завжди, незважаючи на першочерговість впускання будь-якого з компонентів газової суміші. Перевіряючи дію стінок посудини на перебіг реакції, дослідники помітили, що при їх охолодженні, коли спочатку впускався кисень, спостерігалася неповнота вибуху, а також утворювалася деяка кількість невідомої речовини. Зробивши аналізи речовини, яка залишалася на стінках посудини, дослідники встановили, що продуктом реакції є перекис водню.

Таким чином, факт отримання перекису водню, коли реакція переходить в об'єм, безумовно свідчив, що в даному випадку спрацьовує саме ланцюговий механізм в газовій фазі через проміжне утворення перекису водню на стінках посудини при їх охолодженні.

Подальші дослідження показали, що перехід каталітичної реакції у вибухову у значній мірі залежить від того, який газ впускається в посудину першим. Проміжною стадією як вибухового, так і каталітичного процесів є утворення перекису водню. Це вказує на те, що каталітичні процеси на поверхні супроводжуються об'ємною реакцією. А звідси випливає, що при вибуху та каталізі механізм об'ємного процесу однаковий. Однаковим дослідники вважали і механізм виникнення обох процесів, на їх думку, вони зароджувалися на поверхні катализатора, тобто на розжареній електричним струмом платиновій спіралі. Але суттєва різниця між цими процесами полягала в їх переході з поверхні до об'єму. Тому подальша наукова діяльність М.В. Полякова розмежовується на вивчення механізмів вибуху газової суміші $\text{H}_2 + \text{O}_2$ з одного боку та дослідження гетерогенно-гомогенного каталізу $\text{H}_2 - \text{O}_2$ в присутності платини – з другого.

У 1936 р., використовуючи власну методику фіксації проміжних продуктів, М.В. Поляков намагається встановити, що при окисненні вуглеводів відбувається гетерогенно-гомогенний каталіз, а також що це явище властиве всім екзотермічним реакціям. Для перевірки своєї гіпотези він починає вивчати каталітичне окиснення метану та етилену. В обох випадках вчений встановив, що каталітичне окиснення CH_4 та C_2H_4 супроводжується гомогенною ланцюговою реакцією, а саме – має місце гетерогенно-гомогенний каталіз, при якому утворення перекису в кожному з експериментів є результатом об'ємної реакції, а роль катализатора полягає лише в зародженні реакції. Дані експерименту показали, що при вибуху газових сумішей з різною концентрацією етилену, перекис утворюється в зворотній залежності від тиску. Таким чином, був встановлений

вираз, який описував залежність виходу перекису від тиску та показано, що каталітичні реакції для вуглеводів мають однаковий перебіг.

Експериментально встановивши загальні положення перебігу каталітичних реакції вуглеводів, М.В. Поляков проводить серію досліджень з вивчення ролі твердої фази при запалюванні горючих сумішей. Дослідження в цьому напрямі могли сприяти знаходженню важливих констант, таких як період індукції або нижня границя вибуху. Вимірювання цих констант дуже складні, бо залежать від багатьох змінних, таких як стан поверхні стінок посудини, довжини платиного дроту, чистоти та однорідності газової суміші, тощо. Вивчаючи роботи інших дослідників М.В. Поляков вирішив не намагатися відтворити їх досліди, а пішов власним шляхом. Насамперед, він намагався провести експерименти таким чином, щоб їх можна було відтворити з певною точністю. Необхідно зазначити, що практично засади цього дослідження базувалися на попередніх результатах досліджень школи М.М. Семенова.

Залежність періоду індукції від температури та тиску вивчалася для суміші метану з киснем ($\text{CH}_4 + 2\text{O}_2$). Така залежність була запропонована ще Нейманом та Єгоровим в 1932 р. Проведені ними експерименти показали, що період індукції збільшується при зменшенні тиску або температури:

$$p^n e^{\frac{\gamma}{T}} \tau = \text{const},$$

де p – тиск, T – температура τ – період індукції n та γ сталі. Тому М.В. Поляков поставив перед собою задачу перевірити, яким чином будуть поводити себе сталі n та γ при гетерогенно-гомогенному каталізі, і як ці константи будуть залежати від наявності в посудині, де відбувається реакція, платиного дроту.

Отримавши чисельні данні експериментів, М.В. Поляков встановив, що константи n і γ не залишаються сталими в присутності каталізатора з різним розміром поверхні. При збільшенні поверхні платини збільшуються і значення n та γ . Розбіжність результатів М.В. Поляков пояснював тим, що в експериментах Неймана та Єгорова не змінювалася довжина дротів різних металів і вони були розташовані в посудині приблизно однаково симетрично. Роль платиного дроту в зміні значень n та γ , підтверджується тим, що механізм зародження і подальшого розгалуження об'ємних ланцюгів перебуває у великій залежності від ступеня заповнення платиною реакційної посудини.

У 1939 р. наукова група під керівництвом М.В. Полякова починає розглядати механізм утворення оксиду азоту (NO) при вибуху горючих сумішей. Їх мета полягала в тому, щоб встановити зв'язок між ланцюговим механізмом вибуху і тією кількістю оксиду азоту, яка утворювалася після завершення реакції. М.В. Поляков висунув гіпотезу, що оксид азоту не може бути одним із центрів розвитку реакції, він, навпаки, є продуктом обриву ланцюга. Отже він утворюється в об'ємі в результаті зіткнення активних ланок з азотом.

Виходячи з цих міркувань, вчений очікував встановити залежність виходу оксиду азоту від діаметру та форми посудини. Так, за проведеними експериментами було встановлено, що спочатку при збільшенні діаметру реакційної посу-

дини збільшується і вихід NO, а потім він раптово падає. Це явище спостерігалося при дослідженнях з декількома газовими сумішами, причому склад варіювався декілька разів, але завжди максимум виходу NO був в одному і тому значенні діаметру посудини. Пояснює це явище М.В. Поляков таким чином: якщо зі збільшенням діаметру посудини збільшується імовірність розгалуження ланцюгів, то збільшується й імовірність обриву їх в об'ємі з відповідним збільшенням виходу NO. Однак, зростання імовірності обриву ланцюгів в об'ємі повинно привести до того, що імовірність розгалуження ланцюгу почне зменшуватися і разом з цим буде зменшуватися й імовірність обриву, а отже і вихід NO.

При перевірці залежності виходу NO від тиску М.В. Поляков знову відмічає, що з початком зростання тиску відбувається і підвищення виходу оксиду азоту, але коли тиск досягає певного значення, максимуму, значення виходу знову падають. Спостереження такого явища було очікуване, тому що при малих значеннях тиску відбувається ланцюгова реакція, і NO є продуктом її обриву. Автор зазначає, що при збільшенні значень тиску на 100-150 мм ртутного стовпчика відбуваються детонаційні явища, характерні для теплового вибуху, а не для ланцюгової реакції. Разом з цим, при проведенні експерименту кожного разу від вибуху руйнувалася посудина або взагалі частина установки. Тому подальші дослідження залежності виходу NO від тиску М.В. Поляков запропонував досліджувати в металевих посудинах [8].

Таким чином, проведені дослідження механізму утворення оксиду азоту (NO) при вибуху горючих сумішей дали можливість остаточно впевнитися, що утворення оксиду азоту відбувається при обриві ланцюгових реакцій в об'ємі.

Отже, розвиток хімічної кінетики заклав нові напрями розвитку як хімії, так і фізики. Одним з них стала теорія ланцюгової реакції в розвитку якої приймали участь й вчені України. Одним з таких видатних науковців був М.В. Поляков, який працював в першій половині ХХ ст. в Дніпропетровську і запропонував механізм гетерогенно-гомогенного каталізу. Відповідно цьому механізму на каталізаторі при взаємодії його з реагентами відбувається зародження активних частинок – радикалів або атомів, котрі переходять в об'єм газової або рідкої фаз, ініціюють в ній радикально-ланцюговий процес. Підтвердження правильності його досліджень відбилосся у багатьох подальших працях видатних науковців. Праці М.В. Полякова як одного з фундаторів не лише теорії гомогенно-гетерогенного каталізу, а й як вченого, який стояв в Україні біля витоків вивчення механізмів горіння та вибуху і зробив значний внесок у розвиток та підтвердження теорії ланцюгових реакцій, поряд з працями А.Е. Малиновського заклали підвалини подальшого розвитку вчення про горіння та вибухи.

Бібліографічні посилання:

1. Вісті Українського науково-дослідного інституту фізичної хімії. – Д.: Видання Українського інституту фізичної хімії, 1929. – 182 с.
2. Егоров П.А. Кафедра общей химии / П.А. Егоров, З.П. Кравченко / Днепропетровский горный институт. Исторический очерк: В 2 кн. / Сост.: Г.Г. Пивняк, А.А. Ренгевич, К.Ф. Тяпкин и др. – К.: Техніка, 1995. – Кн. 2: Кафедри (1899-1992). – С. 190-195.

3. Нейман М.Б. Исследование условий воспламенения газовых смесей. 1 Период индукции при термическом воспламенении смесей метана с кислородом / М.Б. Нейман, Л.Н. Егоров // Журнал физической химии. – 1932. – Т 3, вып.1 – С. 61.
4. Об учреждении научно-исследовательских кафедр и об обеспечении ученых работников // Собрание узаконений и распоряжений рабоче-крестьянского правительства Украины. – К., 1921. – С. 848.
5. Писаржевський Л.В. Історія розвитку катедри та заснування інституту / Л.В. Писаржевський // Вісті Українського науково-дослідного інституту фізичної хімії. – Д.: Видання Українського інституту фізичної хімії, 1929. – С. 1-9.
6. Положение о научно-исследовательских кафедрах УССР // Наука на Украине. – 1922. – № 1. – С. 113-116.
7. Поляков М.В. Гетерогенно-гомогенный катализ $C_2H_4 + O_2$ / М.В. Поляков, Ф.М. Вайнштейн // Журнал физической химии. – 1936. – Т. 7, вып. 4 – С. 577.
8. Поляков М.В. К вопросу о механизме образования окислов азота при взрыве горючих смесей / М.В. Поляков, Р.П. Генкина // Журнал физической химии. – 1939. – Т. 13, вып. 4 – С. 1411.
9. Поляков М.В. Влияние твердой фазы на термическое воспламенение смеси $CH_4 + 2O_2$ / М.В. Поляков, К.К. Гряненко // Журнал физической химии. – 1936. – Т. 7, вып. 4 – С. 559.
10. Поляков М.В. Изучение гетерогенно-гомогенного катализа H_2O_2 в присутствии платины / М.В. Поляков, П.М. Стадник // Журнал физической химии. – 1933. – Т. 5, вып. 4 – С. 449.
11. Поляков М.В. Гетерогенно-гомогенный катализ $H_2 + O_2$ в присутствии Pt Статья 4 / М.В. Поляков, А.Г. Элькенбард // Журнал физической химии. – 1934. – Т. 5, вып. 7 – С. 967.
12. Поляков М.В. Гетерогенно-гомогенный катализ $CH_4 + O_2$ / М.В. Поляков, П.М. Стадник, И.Е. Неймарк // Журнал физической химии. – 1936. – Т. 7, вып. 4 – С. 585.
13. Поляков М.В. Гетерогенно-гомогенный катализ $H_2 - O_2$ в присутствии Pt Статья III / М.В. Поляков, П.М. Стадник, А.Г. Элькенбард // Журнал физической химии. – 1934. – Т. 5, вып. 7 – С. 967.
14. Развитие физической химии на Украине. – К.: Наук. думка, 1989.
15. Савчук В.С. Андрей Эдуардович Малиновский (1884 – ?) / В.С. Савчук // Очерки истории естествознания и техники. – К., Наук. думка, 1989. – № 37. – С. 124-128.
16. Семенов Н.Н. Современное учение о скоростях газовых химических реакций / Н.Н. Семенов // М.–Л.: Государственное изд-во, 1929. – 127 с.
17. Указатель опубликованных работ сотрудников института физической химии им. Л.В. Писаржевского АН УССР 1927 – 1976 гг. К.: Наук. думка, 1977. – 371 с.
18. Центральний державний архів вищих органів влади та управління України (далі – ЦДАВО України). – Ф. 166. – Оп. 2. – Спр. 491.
19. ЦДАВО України). – Ф. 166. – Оп. 12. – Спр. 6073.
20. Элькенбард А.Г. К вопросу о механизме образования окислов азота при взрыве горючих смесей / А.Г. Элькенбард, Р.П. Генкина, М.В. Поляков // Журнал физической химии. – 1939. – Т. 13, вып.4 – С. 464.