

У сучасний період в індустріально розвинутих країнах світу азотна промисловість займає дуже важливе місце в економіці і є однією із провідних галузей. Зростаючі обсяги виробництва азотної кислоти пояснюються великим значенням її продукції для різних галузей господарства. Від продуктів, які виробляє хімічна галузь, залежить забезпечення сільського господарства азотними добривами, без застосування яких неможливо суттєво підвищити врожайність зернових і технічних культур. Продукція азотної промисловості широко використовується в галузі військово-промислового комплексу. Концентрована азотна кислота використовується у виробництві вибухових речовин – тротилу  $C_6H_2CH_3(NO_2)_3$ , мелініту  $C_6H_5OH(NO_2)_3$ , гексогену  $(CH_2NNO_2)_3$ , ксилілу  $C_6H(CH_3)_2(NO_2)_3$ , тетрису  $C_6H_2(NO_2)_4$ , нітрогліцерину  $C_3H_5(ONO_2)_3$  та інших [1, с. 9–10]. Вибухові речовини також використовуються як амоніти – суміші аміачної селітри та нітропохідних ароматичних сполук. Азотна кислота і рідкий тетраоксид азоту використовуються в якості окиснювача в ракетній техніці.

Велику кількість азотної кислоти використовують у виробництві нітропохідних бензолу, нафталіну, атрацину та інших сполук ароматичного ряду, які використовуються в якості напівпродуктів у виробництві шпунти фарб та у фармацевтичній промисловості. Оксиди азоту використовують для стерилізації насіння посівних перед висесенням їх у ґрунт для знешкодження хворобливих личинок і підвищення урожайності зернових [1, с.15].

З розвитком гірничодобувної промисловості розширюється спектр використання вибухових речовин, у виробництві яких застосовуються продукти азотної промисловості. Технологія виготовлення вибухових сполук не дозволяє забезпечити необхідний сучасний рівень їх безпечності й ефективності. У зв'язку з цим зараз застосовуються емульсійні вибухові речовини, виготовленні за зарубіжними рецептурами і технологіями на гірничодобувних підприємствах України, де також використовуються сполуки азоту [11, с.109].

Сучасна азотна промисловість є однією з передових галузей хімічної індустрії України. У виробництві продуктів зв'язаного азоту застосовуються низькі температури (для розділення газових сумішей), складні високоактивні катализатори, що забезпечують великі швидкості хімічних реакцій, високі температури і тиски. У цехах азотно-тугових підприємств використовуються сучасні потужні контактні апарати, абсорбційні і ректифікаційні колони, компресори, холодильне обладнання, високотемпературні печі, які виготовлені з хімічно-стійких і жароміцних матеріалів, таких як хромонікелеві, молібденові, вольфрамові та інші

УДК 661.938

## Роль наукових досліджень у становленні азотної промисловості України

Кузнєцов Павло Володимирович

У статті показано широке застосування сполук зв'язаного азоту в різних галузях промислового виробництва. Встановлено, що сучасна азотна промисловість є однією з передових галузей хімічної індустрії України. Історія азотної промисловості свідчить про її розвиток в контексті поступу всієї світової науки, про створення в 20-30-ті рр. XX ст. складного хімічного комплексу держави. Основою для азотної промисловості в Україні була розробка технології азотної кислоти контактним окисненням аміаку І. І. Андреевим. Подальше становлення та розвиток азотної промисловості відбувалось завдяки активній науковій діяльності І. Є. Ададурова та В. І. Атрошенка.

**Ключові слова:** азотна промисловість, науковці, досягнення, впровадження

**Кузнєцов Павел. Роль научных исследований в становлении азотной промышленности Украины.** Показано широкое применение соединений связанного азота в различных отраслях промышленного производства. Установлено, что современная азотная промышленность является одной из передовых отраслей химической индустрии Украины. История азотной промышленности свидетельствует о её развитии в контексте развития всей мировой науки, о создании в 20-30-е гг. XX в. сложного химического комплекса страны. Основой для создания азотной промышленности на Украине была разработка технологии азотной кислоты контактном окислением аммиака И. И. Андреевым. Дальнейшее становление и развитие азотной промышленности происходило благодаря активной деятельности И. Е. Ададурова и В. И. Атрошенко.

**Ключевые слова:** азотная промышленность, ученые, достижения, внедрения

**Kuznetzov Pavel. The role of scientific research in the development of the nitrogen industry of Ukraine.** A widespread use of nitrogen compounds in various fields of industrial production is shown. It is shown that modern nitric industry is one of the leading sectors of Ukrainian chemical industry. The basis for the creation of nitric industry in Ukraine was development of nitric acid processing with ammonia contact oxidation by I. Andreev. Further formation and development of nitric industry occurred with the active scientific work of I. Adadurov and V. Atroschenko.

**Keywords:** the nitric acid industry, academics, achievement, implementation

© Кузнєцов П., 2016

спеціальні сталі і сплави. Впровадження автоматизації виробничих процесів дозволило оптимізувати технологічні режими, підвищити якість і знизити собівартість продукції, яка випускається азотною промисловістю [13, с. 14].

Покращення технології і техніки азотної промисловості було досягнуто завдяки науковим дослідженням вчених, які своїми теоретичними здобутками та впровадженням їх у промисловість дали змогу азотній галузі вийти на передові рубежі індустрії України. Науковці продовжували суттєво удосконалювати існуючі технологічні процеси, їх апаратурне оформлення і впровадження енерго- та ресурсозберігаючих і екологічно чистих технологій. Дослідження ролі наукових пошуків у становленні азотної промисловості є актуальною і важливою проблемою. Метою наших наукових пошуків є визначення ролі наукових досліджень у розвитку хімічної промисловості України, характеристика етапів використання хімічних технологій в азотній галузі, внеску різних вчених у цей процес.

Виробництво продуктів зв'язаного азоту синтезує досягнення різних галузей науки й техніки, накопичених багатьома поколіннями дослідників. Тому закономірним є інтерес до історії цієї галузі, що простежується в наукових працях українських вчених. Так, Л. Л. Тovaжянський, Г. І. Гринь, П. В. Кузнєцов заповнили наявні пробили в історії наукової школи в галузі кінетики та каталізу зв'язаного азоту [13]. С. О. Гринь та В. В. Казаков розглянули висвітлення технології зв'язаного азоту у фундаментальних працях із загальної історії розвитку хімічної технології [6]. Внесок учених України у розвиток азотної промисловості, їх біографії та шлях у науці, а також історичні аспекти підготовки фахівців висвітлено в монографії П. В. Кузнєцова [10]. У дослідженні Т. В. Мельник дається порівняльна характеристика історії виробництва азотної продукції в Україні та країнах зарубіжжя [8]. Частково цю проблему розглядали Б. Г. Овчаренко та С. М. Охотський, проаналізувавши організаційні етапи розвитку Державного інституту азотної промисловості [9]. Д. Ю. Гамбург детально розглянув історичні аспекти застосування процесу синтезу аміаку [5]. Розвиток хімічної промисловості висвітлено в праці В. Складенко [11]. Але до сих пір спеціально не розглядалася роль досліджень провідних наукових центрів у становленні азотної промисловості України, не аналізувалося питання щодо того, як теоретичні та практичні результати їхньої роботи вплинули на розвиток галузі.

Останнім часом, коли Україна має намір інтегруватися до Європейського Союзу, високорозвинені держави Західної Європи, США

та інші пропонують ученим, фахівцям різних галузей широкі можливості для стажування та проведення спільних наукових досліджень. Сам факт реалізації таких наукових проєктів у висококласних європейських та американських лабораторіях свідчить про те, що українські вчені спроможні підтримувати високу традицію своїх наукових шкіл.

Історія хімічної технології України, а також азотної промисловості, як однієї із пріоритетних її галузей, свідчить про розвиток хімічної технології в контексті поступу всієї світової науки, про створення в 20-30-ті рр. XX століття складного хімічного комплексу України.

Азотна кислота та її природна сіль – натрієва селітра, – були відомі з давнього часу. У 779 р. арабський учений Джабір-іbn-Хайян (Губур) описав метод виготовлення «міцної водки» (тоді так називалась азотна кислота) шляхом перегонки селітри з квасцями [1, с. 10].

У Росії виробництво азотної кислоти із селітри було налагоджено при Петрі І. Геніальний учений М. В. Ломоносов вперше провів дослідження умов одержання азотної кислоти із селітри, і в 1763 р. описав їх у своїх працях [1, с. 15].

У подальшому такі учені, як Г. Кавендіш (Англія), К. Ф. Кульман (Франція), Д. Менделєєв (Росія), Г. Майєр (Німеччина), В. Рамзай і У. Вільямс (Франція), А. Франк, Н. Каро, В. Оствальд (Німеччина), Ле-Шательє (Франція), Е. Бредлей і Р. Ловджой (США), К. Біркеланд і С. Ейд (Норвегія), Ф. Габер і В. Нернст (Німеччина), О. Горбов і В. Міцкевич (Росія), К. Бош і А. Біггаш (Німеччина), І. Андрєєв і В. Іпапєєв (Росія), Л. Андрусов (Німеччина), І. Ададуєров і В. Апрошенко (Україна) спрямували дослідження на становлення технології зв'язаного азоту як галузі технічних наук. Хімічна промисловість Російської імперії на початку XX ст. була слабкою й залежала від іноземної сировини. Азотної промисловості в Росії в цей час не існувало, не було продуктів зв'язаного азоту, більшість хімічних речовин завозилось з-за кордону, що не задовольняло потреб зростаючого промислового виробництва. Відсутність сучасного хімічного виробництва в значній мірі гальмувало розвиток інших галузей промисловості [9, с. 29-30].

Значним кроком у розвитку хімічної промисловості стало створення азотної промисловості в Україні та розробка технології одержання азотної кислоти контактним окисненням аміаку, яка вперше була здійснена у промислових умовах В. Оствальдом у Німеччині та І. Андрєєвим у Росії [6, с. 92-93].

Наукову роботу І. І. Андрєєв розпочав з інтенсивних фізико-хімічних досліджень процесу окиснення аміаку на платині: було вивчено термодинаміку реакцій, вихід NO при різних умовах і на різних

катализаторах, досліджена методика проведення аналізів тощо. За ініціативою І. І. Андрєєва було налагоджено виробництво платинових катализаторних сіток, досліджено кислотостійкі матеріали для побудови абсорбційних башт і розроблено рецепт кислотостійкого цементу для зв'язування гранітного каменю [13, с.14].

Своїми науковими дослідженнями І. І. Андрєєв успішно вирішив складні питання одержання  $\text{NH}_3$  із коксобензолної аміачної води й очищення його від шкідливих домішок переробки аміаку в дефіцитні азотні продукти, які раніше імпортувалися в країну [13, с. 15].

Уведення в дію і наступний розвиток Горлівського азотно-тукового заводу мало важливе значення для оволодіння технікою високого тиску й складним каталітичним процесом. Усе це зумовило проведення нових науково-дослідних робіт, підготовку інженерних кадрів для азотної промисловості. Подальший розвиток азотної промисловості, що був тісно пов'язаний з новими науковими дослідженнями, обумовив створення науково-дослідного центру для проведення фізико-хімічних досліджень синтезу  $\text{NH}_3$ , виробництва  $\text{HNO}_3$ , одержання  $\text{N}_2\text{-H}_2$  суміші, вивчення катализаторів для багатьох нових виробництв. На базі лабораторії основної хімії Інституту прикладної мінералогії в 1933 р. створюється Державний науково-дослідний інститут азотної промисловості – ДІАП та проектний інститут азотної промисловості – ДІПРОАЗОГ, які успішно виконували завдання та розв'язували проблеми розвитку азотної промисловості [9, с. 22-34].

В 1933 р. у Харкові відбувся VI Менделєєвський з'їзд, у роботі якого взяли участь більше 950 хіміків України. Головним завданням в області вивчення зв'язаного азоту на з'їзді було виділено дослідження процесу синтезу  $\text{NH}_3$  і контактного окиснення аміаку із метою одержання азотної кислоти. Зусилля науковців були направлені на розробку технічно-сучасних і екологічних методів виробництва чистого азоту та водно для синтезу аміаку. Чистий азот отримували ректифікацією рідкого повітря при низьких температурах, і цей метод залишається до теперішнього часу найбільш економічним [10, с. 36-40].

Подальший розвиток наукових досліджень у галузі хімічної технології в Україні було призулинено війною, німецькі війська повністю зруйнували заводи азотної галузі України [7, с. 98]. Столуки азоту (аміак, азотна кислота, нітротолуки) – основа для виробництва пороху та вибухових речовин, тому хімічна промисловість СРСР перебудувала свої підприємства для потреб військового часу. У цей час наукова діяльність харківського колективу кафедри технології неорганічних речовин не переривалась, успішно розвивались дослідження в області кінетики,

каталізу, абсорбції, технології зв'язаного азоту, добрих та кислот на Чиркиському (Узбекистан) електрохімічному комбінаті [13, с. 156]. В інших наукових центрах України дослідження в цій галузі припинилися, вони не евакуювалися. Наукові пошуки в Дніпропетровську, Дніпродзержинську, Северодонецьку, Одесі були продовжені тільки в 60-х роках минулого століття [8, с. 136].

Однією з найвидатніших, передових, висококваліфікованих наукових шкіл з кінетики та каталізу технології зв'язаного азоту, виробництва азотної кислоти, аміаку, мінеральних добрив, з розвитку інших галузей технічної хімії є школа академіка В. І. Атрощенко. Його діяльність пов'язана з кафедрою технології неорганічних речовин Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» (саме таку назву зараз носить вища школа, де працював В. І. Атрощенко). Хімікам-технологам усього світу відоме його ім'я як науковця, праці якого заложили підґрунтя для становлення хімічної технології як науки, насамперед, у становленні азотної промисловості України [13, с. 59].

Значний вплив на В. І. Атрощенко мав професор І. С. Ададуров ще в роки навчання В. І. Атрощенко в інституті, а потім – в роки сумісної діяльності при виконанні кандидатської дисертації. Вчений, громадський діяч і людина високої моралі, принципових поглядів і доброти, професор І. С. Ададуров працював завідувачем кафедри технології мінеральних речовин у Харківському хіміко-технологічному інституті (нині Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут») у 1933 – 1938 рр., а в 1938 – 1986 рр. безперервно керував кафедрою його учень – В. І. Атрощенко.

Наукова діяльність І. С. Ададурова була присвячена дослідженням в області каталізу, кінетики хімічних реакцій, удосконаленню технології виробництва сульфатної кислоти, дослідженням з інтенсифікації виробництва азотної кислоти, технології одержання різних солей. За результатами досліджень він надрукував більше 140 наукових праць. Фактично проф. І. С. Ададуров заповнив основу і започаткував наукову школу в галузі каталізу, технології сірчаної та азотної кислоти, соди. Він підготував і дав шлях у майбутнє наукове життя Г. К. Борескову, Ф. К. Михайлову, В. І. Атрощенко, А. Н. Цейтліну, В. І. Конвісару – це мала частка науковців, які вважали проф. І. С. Ададурова своїм учителем [13, с. 57-58].

У другій половині 1940-х – 1950-х рр. в Україні фактично створювалась хімічна промисловість, оскільки підприємства в часи війни були повністю зруйновані.

Найбільших темпів розвитку хімічна промисловість досягла в 60-80-і рр. XX століття завдяки інтенсивним науковим дослідженням та

бурхливому розвитку азотної промисловості, яка переживала суттєві кількісні та якісні зміни. Споруджувалися комбіновані системи одержання азотної кислоти потужністю агрегатів 120 т кислоти на добу. Застосовувалися абсорбційні колони із сітчастими тарілками. У розробці цих систем виробництва азотної кислоти брали участь вчені Державного інституту азотної промисловості та Харківського політехнічного інституту. Подальші дослідження науковці дали змогу налагодити виробництво азотної кислоти на ВАТ «Рівнеазот», де виробництво здійснюється в агрегатах під єдиним тиском 0,716 МПа (УКЛ-71). Наукова діяльність учених України була тісно пов'язана із промисловим виробництвом, з проєктивними інститутами. Так, при проєктуванні й розробці нових агрегатів виробництва азотної кислоти під тиском 0,716 МПа було використано значну кількість наукових результатів досліджень В. І. Атрощенко та співробітників ХІП:

- кінетичне рівняння окиснення  $\text{NH}_3$  до  $\text{NO}$  під тиском для розрахунку оптимального часу контактування газу з катализатором, який забезпечує максимальний вихід  $\text{NO}$  [2, с. 5-6];
- математичну модель процесу окиснення  $\text{NH}_3$  для промислових умов на платиноідному катализаторі [3, с. 40];
- оптимальні технологічні умови на стадії окиснення  $\text{NH}_3$  до  $\text{NO}$  під тиском 0,716 МПа: співвідношення  $\text{O}_2 : \text{NH}_3$ ; температура процесу; лінійна швидкість, напруженість та кількість катализатора, тиск процесу; механізм процесу втраг каталітичних сіток та ін. [12, с. 9];
- оптимальні умови окиснення  $\text{NO}$  до  $\text{NO}_2$  та конкретні параметри для технологічної схеми [4, с. 38];
- на стадії абсорбції оксидів азоту результати досліджень рівноваги й швидкості взаємодії  $\text{NO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}_3$  та  $\text{N}_2\text{O}_4$  із  $\text{H}_2\text{O}$ , водними розчинами  $\text{HNO}_3$ ; розрахунок ступеня переробки оксидів азоту; рівняння для знаходження ккд тарілок та ін. [4, с. 2681].

Для створення нової технологічної схеми виробництва азотної кислоти вченими кафедри ТНР ХІП було запропоновано оптимальні параметри на стадії окиснення  $\text{NH}_3$  в агрегаті АК-72 (АК-72М); вперше було досліджено технологічні фактори, що впливають на процес взаємодії оксидів азоту за  $\text{H}_2\text{O}$  на стадії абсорбції в схемі АК-72 під тиском до 1,2 МПа [10, с. 126-127]. Співробітниками цієї кафедри було запропоновано використовувати кисень для окиснення  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}$  і абсорбції  $\text{NO}_2$  з метою подальшого створення ефективних технологій виробництва  $\text{HNO}_3$ , підвищення продуктивності агрегатів та збереження енергії і ресурсів [3, 10].

Ватомі й ґрунтовні результати досліджень науковців України В. І. Атрощенко, В. Т. Єфімова, І. І. Литвиненка, В. В. Кутового,

Т. І. Печенко, В. І. Конвісара, К. Г. Седашової, В. М. Кауга та ін. було широко використано для розробки, проєктування й побудови технологічної системи великої потужності для виробництва концентрованої азотної кислоти (98-99 %) прямим синтезом безпосередньо з рідких оксидів азоту [13, 8].

Учені України проводили широкі впровадження наукових результатів дослідження на багатьох азотно-тукових підприємствах, що дозволило знизити собівартість азотної кислоти, азотних добрив і багатьох продуктів хімічної промисловості [13, 6]. Так, у 1969 р. був створений серійний агрегат УКЛ-7, за що низці учених було присвоєно звання лауреатів Державної премії СРСР. Співробітниками Харківського політехнічного інституту запропоновано десять нових способів виробництва азотної кислоти, більшість яких упроваджено в промислових умовах. Основним напрямком дослідження було вивчення технологічних процесів, які відбуваються під тиском і з використанням катализаторів в азотній промисловості. Науковці запропонували використання кисню у виробництві азотної кислоти на всіх стадіях і розробили контактний апарат нового типу для окиснення аміаку високої концентрації [8, с. 129].

Значний внесок у становлення та розвиток азотної промисловості України зробили О. Я. Лобойко, А. С. Савенков, В. І. Тошинський, М. Ф. Клещов, О. В. Шашка, Г. І. Гринь, І. О. Слабун, В. Г. Сазонтов, В. В. Казаков та ін., які пов'язували свою діяльність з кафедрою «Хімічної технології неорганічних речовин, каталізу та екології» НТУ «ХП». З 1986 р. до теперішнього часу кафедру очолює лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, доктор технічних наук, професор О. Я. Лобойко. Він продовжує дослідження у галузі азотної промисловості, хімічної науки й технології. Зараз існує багато варіантів технологічних схем виробництва азотної кислоти. Це складні енерготехнологічні комплекси великої одиничної потужності із вирішеними проблемами захисту навколишнього середовища, які працюють завдяки науковим розробкам великої кількості учених і фахових співробітників.

Таким чином, проведене дослідження дало змогу з'ясувати головні етапи та роль наукових досліджень у галузі азотної промисловості. Проф. І. С. Ададуров стояв біля витоків технології зв'язаного азоту, азотної промисловості України, а у подальше формування й становлення азотної промисловості внесли свої наукові здобутки його учні. Завдяки науковій діяльності учених у 50-60-і рр. ХХ ст. завершується формування технології зв'язаного азоту, в якій визначним науковим лідером був академік В. І. Атрощенко. Подальший розвиток хімічної промисловості в Україні буде пов'язаний з суттєвим удосконаленням

існуючих технологічних процесів, у тому числі і високопродуктивних, їх апаратурним оформленням, виробництвом різноманітної малотонажної продукції, більш глибоким використанням тепла хімічних реакцій, впровадженням високоактивних каталізаторів, підвищенням якості продукції, що випускається, а також розробкою і впровадженням енергозберігаючих і екологічно чистих технологій з використанням в управлінні технологічним процесом сучасної електронно-обчислювальної техніки.

### Література

1. *Атрощенко, В.* Технологія азотної кислоти / В. Атрощенко. – М., 1970.
2. *Атрощенко, В.* Исследование контактного окисления аммиака под давлением / В. Атрощенко // Вестник ХПИ. – 1968. – Вып.2. №32 – С. 3-6.
3. *Атрощенко, В.* Исследование кинетики окисления аммиака под давлением на платиновом катализаторе / В. Атрощенко // Катализ и катализаторы. – 1970. – Вып.3. – С. 38-44.
4. *Атрощенко, В.* Окисление окиси азота в колоннах с сетчатыми тарелками / В. Атрощенко // ЖПХ. – 1965. – Т. 38. Вып. 12. – С. 2678-2682.
5. *Гамбург, Д.* Синтез аммиака: история и современность / Д. Гамбург // Химическая промышленность. – 1992. – С. 36-40.
6. *Гринь, С.* Технологія зв'язаного азоту у фундаментальних працях із загальної історії розвитку хімічної технології / С. Гринь// Інтегровані технології та енергозбереження. – 2007. – №4 – С.92-100.
7. История социалистической экономики СССР. – Т.5. Советская экономика накануне и в период Великой Отечественной войны (1938-1945). – М., 1978.
8. *Мельник, Т.* Розвиток азотної промисловості в Україні. Історичний аспект / Т. Мельник // «Вісник НТУ «ХП»». Історія науки і технік. – 2008. – № 8. – С. 102-108.
9. *Овчаренко, Б.* Основные этапы развития ГИАП / Б. Овчаренко // Химическая промышленность. – 1981. – №4. – С. 22-34.
10. *Кузнецов, П.* Історія розвитку азотної промисловості України (початок кінця ХХ ст.) / П. Кузнецов. – Харків, 2009.
11. *Скляренко, В.* Открытие и изобретения / В. Скляренко. – Харьков, 2009.
12. *Савенков, А.* Исследование процесса окисления аммиака под давлением : автореф. дис. ... канд. техн. наук / А. Савенков. – Харьков, 1969.
13. *Товажнянский, Л.* Наукова та науково-організаційна діяльність академіка В. І. Атрощенко в хімічній технології / Л. Товажнянський – Харків, 2006.

