

ІСТОРІЯ ЕВОЛЮЦІЇ НАУКОВИХ ТА ТЕХНІЧНИХ ІДЕЙ ПРИ ВИРІШЕННІ ПРОБЛЕМИ ЗВ'ЯЗАНОГО АЗОТУ

У статті проведено дослідження історії еволюції наукових та технічних ідей, вивчення джерел промислового синтезу аміаку в Росії та СРСР. Показано періоди зародження, створення та виробництва синтетичного аміаку, зусилля вчених та інженерів із розробки сучасних та економічних методів виробництва аміаку.

Вступ

Історія розвитку людства тісно пов'язана із проблемою харчування, вирощування сільськогосподарських рослин та злаків. При одержанні продуктів харчування сполуки азоту відіграють важливу роль. Людство навчилося використовувати азотні сполуки з давніх часів, але проблемою зв'язаного азоту є те, що природних запасів сполук азоту майже немає, оскільки практично неможливо створити в природі умови зв'язування молекулярного азоту в хімічні сполуки. А всі амонійні та нітратні солі добре розчиняються у воді. Важливою частиною живого організму є білок, у якому азот складає основну частину. Але на відміну від рослин, які можуть синтезувати білкову речовину та забезпечують тварин і людей білками, організм людини не може використовувати для синтезу білків азот мінерального походження. Одержання азотних сполук є життєво важливою проблемою розвитку людства на нашій планеті. Від ступеня розвитку азотної промисловості залежить забезпечення сільського господарства азотними добривами, необхідними для рослин, а промисловість – різними азотними сполуками.

Одними з надскладних і важливих досліджень в історії розвитку хімії азоту були дослідження одержання аміаку з елементів, його окиснення до оксидів азоту та виробництво нітратної кислоти. На початку XIX ст. аміак одержували з різних його сполук у дуже обмеженій кількості. Обробка коксового газу водою після переробки вугілля давала можливість одержувати аміачну воду й аміак. З кінця XIX ст. почались пошуки шляхів вирішення проблеми одержання NH_3 безпосередньо з азоту та водню, що підтверджено численними дослідженнями синтезу аміаку [1]. Виробництво синтетичного аміаку пройшло складний та тернистий шлях. Для кращого й глибокого знання історії розвитку азотної промисловості, дослідження процесу еволюції наукових ідей історія реалізації промислового синтезу аміаку є вельми актуальною проблемою. Вивчення літературних джерел свідчить про висвітлення окремих методів одержання сполук азоту й, зокрема, аміаку, їхніх технологічних рішень. Але не були висвітлені в історичному контексті методи одержання сировини, каталізаторів, визначення оптимальних умов синтезу NH_3 та інше.

Метою даної роботи є дослідження історичної еволюції наукових ідей, науково обгрунтованого підходу до історії виробництва синтетичного аміаку, об'єднання всіх теоретичних викладок, історії практичних рішень промислового синтезу аміаку в науково обгрунтованих працях фахівців із технології зв'язаного азоту.

Історія наукових та технічних досліджень у галузі хімічної промисловості синтезу аміаку. Після складних та багаторічних пошуків науковців різних країн, у кінці XIX – на початку XX ст. запропоновано технологічні рішення одержання аміаку для впровадження в промислове виробництво. Необхідно відзначити, що всі розробки з

одержання аміаку були таємними, оскільки аміак, нітратна кислота, амонійні та нітратні солі використовувались для виробництва різних видів вибухів. Тому проблеми одержання синтетичного аміаку з хімічних елементів кожна країна вирішувала самотужки. Протягом п'яти років після закінчення Першої світової війни в ряді країн Європи та США в результаті напружених пошуків були створені нові схеми синтезу NH_3 і побудовані заводи. За 8 років (1929 – 1937 рр.) виробництво NH_3 різко виросло з 1,1 до 3,6 млн т (майже в 3,3 рази). Аміак одержували на установках за методом Габера-Боша (43,5 % від загального світового виробництва), новими методами Казале (15,0 %), Клода (11,5 %), Фраузера (10,5 %) і фірми «Найтроджен» (9,0 %), які відрізнялись між собою тиском у системі, каталізатором, сировиною для одержання N_2 – H_2 суміші тощо [2], [3]. На початку 30-х років серед науковців розгорнулася широка дискусія щодо застосування тиску у виробництві NH_3 . З урахуванням досвіду експлуатації промислових установок питання було вирішено на користь середнього тиску (29 – 39 МПа), тому в наступні роки зменшилось будівництво установок високого тиску типу Казале й Клода, а збільшилась кількість систем Фраузера й Найтроджена [2], [3].

У 1918 р. при Вищій раді народного господарства (ВРНГ) була організована Комісія із проблем зв'язаного азоту. Цю дату можна вважати початком створення промислового синтезу NH_3 у Радянській Росії. До її складу були залучені відомі вчені: В.М. Іпатьєв, А.А. Яковкін, В.Ф. Міткевіч, А.В. Сапожников, І.І. Андреев, А.Є. Маковецький та ін. Науковці організовували лабораторні дослідження, заслуховували доповіді щодо стану виробництва азотних добрив за кордоном, розробляли проекти майбутніх азотно-тукових заводів [2], [3].

У 1918 – 1919 рр. у хімічній лабораторії Артилерійської академії В.М. Іпатьєв в апараті особистої конструкції виконав ряд експериментів із дослідження дії різних каталізаторів на суміш N_2 і H_2 . На початку 1918 р. на урановому каталізаторі були одержані сліди NH_3 , а в лютому 1919 р. на змішаному каталізаторі $\text{W-Mo-Al}_2\text{O}_3$ під тиском 7,5 МПа й температурі 878 – 743 К була досягнута концентрація NH_3 у газовій суміші біля 6,55 %. Потрібно відзначити, що досліди проводились в період, коли відомості про виробництво NH_3 у Німеччині ще не були відомі. Продовження досліджень було зупинено через економічні труднощі, відсутність електричної енергії тощо [2], [4].

Історичний період зародження, створення виробництва синтетичного аміаку, дослідження та розробки вчених у 20 – 30-і роки ХХ ст. проаналізовано у фундаментальних працях авторів: В.І. Маляревського, В.М. Голованого, Л.Ф. Фокіна, П.А. Чекіна, Д.А. Епштейна, В.А. Каржавіна, Н.Ф. Юркевича, В.П. Камзолкіна, М.М. Кульчицького, В.І. Атрощенко, Г. Картса, А.М. Алексеева, В.П. Семенова, М.С. Торочешнікова та ін. [2-6], де показано зусилля вчених та інженерів щодо розробки сучасних та економічних методів виробництва NH_3 , високої чистоти азоту й водню, методи одержання початкової сировини, ефективних каталізаторів, визначення оптимальних умов синтезу NH_3 тощо. У роботі [5] детально проаналізовано розвиток наукових та технічних ідей щодо шляхів одержання NH_3 із ціанаміду кальцію, ціанаміду натрію, кальцієвої селітри, синтезу з елементів. На останньому способі наполягали В.М. Іпатьєв, Н.Ф. Юшкович та ін. У 1925 р. на Другому з'їзді технічних працівників основної хімічної промисловості було звернено увагу уряду на необхідність організації виробництва NH_3 з елементів. У цьому ж році було прийнято рішення про будівництво першої промислової установки синтетичного NH_3 на Чернореченському хімічному заводі в Росії. Була відновлена діяльність комісії із проблем зв'язаного азоту під керівництвом В.М. Іпатьєва, якій було доручено ознайомитись з виробництвом за кордоном та придбати обладнання для синтезу NH_3 .

У короткі терміни було побудовано та введено в дію цех виробництва аміаку й 9 лютого 1928 р. уперше одержано синтетичний NH_3 . Синтез аміаку здійснювався під тиском 76 МПа, температурі 723 К на залізному каталізаторі. Три колони синтезу NH_3 із діамет-

ром 400 мм могли виробляти 7,5 тис. т NH_3 на рік (потужність однієї колони 8 т/добу рідкого NH_3). Азот для синтезу NH_3 отримували ректифікацією рідкого повітря (схема Лінде), а водень – за допомогою залізопарового способу (у теперішній час не використовують). У 1931 р. потужність колон була доведена до 10 т/добу, а в 1932 р. за рахунок модернізації та вдосконалення схеми на заводі було одержано 15,6 тис. т NH_3 [2], [3].

Для розробки техніко-економічного обґрунтування будівництва нових підприємств у 1926 р. була створена проектна організація «Хімбуд», яка за допомогою іноземних фірм виконала проект будівництва Березняківського, Горлівського азотно-тукових заводів, а також Бобриковського хімічного комбінату. У 1932 р. азотна секція «Хімбуду» була реорганізована в самостійний Державний інститут із проектування підприємства азотної промисловості (Діпроазот).

Відповідно до плану хімізації країни та постанови Ради народних комісарів СРСР «О заходах по химизации народного хозяйства СССР» від 28 квітня 1928 р. [7], були збільшені темпи будівництва підприємств хімічної промисловості для задоволення потреб у важливих хімічних продуктах. Підкреслюючи важливе значення створення промисловості мінеральних добрив, XV з'їзд ВКП(б) затвердив курс «...на скорейшее осуществление плана электрификации, развитие черной и цветной металлургии, в особенности в части качественных металлов, развитие химических производств, в особенности в части производства искусственных удобрений...» [8].

У наукових працях В.І. Маляревського, Л.Ф. Фокіна, П.А. Чекіна, Д.А. Епштейна, В.П. Камзолкіна та ін. [2], [5], [8] показано, що в 30-і роки ХХ ст. перед ученими, проектними організаціями була поставлена задача розробити технології й побудувати заводи, розширити існуючі комбінати, використовуючи виключно досвід експлуатації вітчизняних азотних заводів. Велика увага в ці роки була приділена створенню промисловості хімічного машинобудування, а також виробництву спеціальних матеріалів для апаратів, які працюють під високим тиском, підвищеній температурі й в умовах агресивного середовища. У короткі терміни розроблено компресори високого тиску, колони синтезу, а машинобудівні заводи налагодили їхній серійний випуск. Це дозволило швидко будувати та вводити в експлуатацію нові заводи й потужності NH_3 у Березняках (1932 р.), Горлівці (1933 р.), Дніпродзержинську (1938 р.), Кемерово (1938 р.), Чирчику (1940 р.). Останні три заводи було повністю обладнано апаратами вітчизняного виробництва [2], [3], [7].

У роботах В.С. Лельчук, Л.А. Констандова, М.М. Жаворонкова [2], [9] аналізуються досягнення та результати створення азотної промисловості напередодні Другої світової війни. Показано, що в 1932 р. на СРСР приходилось всього 2,25 % світової потужності виробництва синтетичного NH_3 і країна займала 12-е місце [2], [3], [9]. У 1941 р. працювало сім азотних заводів із загальною потужністю більше 500 тис. т/рік із відповідними цехами HNO_3 , NH_4NO_3 та інших азотних солей; країна займала третє місце після Німеччини і Японії [7]. Крім цього, автори підкреслюють, що зі збільшенням виробництва коксу для одержання металу ресурси коксохімічного аміаку склали 50 тис. т і працювало два заводи виробництва ціанаміду кальцію (м. Дзержинськ, Кіровокап) [2-9].

Проаналізовано стан і проблеми азотної промисловості в умовах війни 1941 – 1945 рр. До кінця 1941 р. азотна промисловість СРСР втратила більше 50 % потужностей аміаку. У 1941 – 1942 рр. на Урал, у Сибір та в Середню Азію були евакуйовані Дніпродзержинський, Горлівський азотно-тукові заводи, Лисичанський та Сталіногірський хімічні комбінати (Березняки, Губаха, Кемерово, Чирчик). Потребу оборонної промисловості в HNO_3 , NH_3 , NH_4NO_3 та інших речовинах задовольняли не в повній мірі Березняківський, Кемеровський азотно-тукові, Чернореченський хімічний заводи та Чирчикський електрохімічний комбінат [2], [3], [10]. Необхідно було в короткий термін збільшити

виробництво продуктів зв'язаного азоту на існуючих підприємствах, запустити нові цехи, побудувати нові виробництва. На Березняківському, Кемеровському й Чирчикському підприємствах було збільшено потужності з випуску NH_3 , HNO_3 , NH_4NO_3 , іншої хімічної продукції. Так, кількість одержаного NH_3 уже у квітні 1942 р. збільшилась на 50 %, а виробництво HNO_3 зросло вдвічі порівняно з березнем того ж року [2], [9]. Після звільнення території країни від ворогів почалось відновлення хімічних підприємств і одержання азотної продукції Сталіногірського (1943 р.), Горлівського (1944 р.), Дніпродзержинського (1945 р.) та Лисичанського (1951 р.) хімічних підприємств. Тільки в 1948 р. випуск продуктів азотної промисловості досяг довоєнного рівня, а в 1950 р. виробництво NH_3 в СРСР перевищило рівень до війни й становило 566 тис. т [10].

Історія розвитку азотної промисловості після війни була тісно пов'язана з Державним науково-дослідним і проектним інститутом азотної промисловості (ДІАП), який було створено в 1933 р. ДІАП зайняв основне положення в науково-технічному забезпеченні прогресу азотної промисловості. За проектами інституту здійснювалось відновлення зруйнованих війною заводів, а також будівництво нових підприємств. У 50-і роки було побудовано Лисичанський, Руставський, Новокемеровський, Кіровокаанський хімічні заводи й комбінати, а також заводи в Болгарії, Румунії, Угорщині, Югославії, Польщі, КНДР, Афганістані та ін. При збільшенні об'ємів роботи ДІАП були створені з 1949 по 1975 роки 8 філій, у тому числі в Україні – Лисичанська (1949 р.), Дніпродзержинська (1953 р.) [2], [10].

Розвиток виробництва NH_3 у період 1969 – 1970 рр. базувався на подальшому вдосконаленні технологічних процесів, збільшенні потужності агрегатів синтезу NH_3 . У цей час потужність технологічних ліній була збільшена з 25 – 30 до 70 – 100 тис. т/рік, впроваджено в промислове виробництво колони синтезу NH_3 потужністю до 200 т/добу [2], [3]. Використовуючи результати кінетичних досліджень синтезу аміаку вчених М.І. Темкіна, В.М. Пижова, І.П. Сидорова та ін., ДІАП зробив техніко-економічне обґрунтування й розробив технічний проект великотоннажного агрегату синтезу аміаку [2], [3], [10].

У 1959 – 1965 рр. було побудовано промислові агрегати синтезу NH_3 , де сировиною для виробництва H_2 використовували природний газ, на Щекінському, Невинномиському, Черкаському, Гродненському, Салаватському й Навойському хімічних комбінатах, Ферганському та Іонавському заводах азотних добрив. За 1966 – 1970 рр. було побудовано ще чотири нових хімічних підприємства – Вахшський, Череповецький, Рівенський азотно-тукові заводи й Новгородський хімічний комбінат. Це дозволило за об'ємом виробництва NH_3 у 1979 р. азотній промисловості СРСР вийти на друге місце у світі після США [2-4], [9], [10].

У 1974 р. на Новомосковському хімічному комбінаті було успішно впроваджено в експлуатацію перший вітчизняний агрегат виробництва NH_3 потужністю 1360 т/добу, який запроектований ДІАП і працював на вітчизняному обладнанні. Це стало вагомим досягненням науковців та виробничників, а також основою для технічного переозброєння всієї азотної промисловості. Протягом 1971 – 1975 рр. було побудовано 8 таких агрегатів, а тільки в 1979 р. – 15 великотоннажних агрегатів синтезу NH_3 загальною потужністю 6,91 млн т/рік. У 1975 – 1980 рр. здійснювалась реконструкція й розширення 27 діючих підприємств, будівництво нових унікальних об'єктів: ВО «Куйбишевазот», Одеський і Вент-Спілський припортові заводи, Придонський хімічний завод і магістральний найбільший у Європі аміакопровід Тольятті – Горлівка – Одеса довжиною 2427 км, який розрахований на транспортування 2,5 млн т NH_3 у рік. У 1980 р. об'єм виробництва NH_3 в СРСР досяг 16,73 млн т/рік і в 1981 – 1985 рр. продовжувалось будівництво й введення в дію 20 агрегатів синтезу NH_3 потужністю 450 і 200 тис. т/рік [9], [10].

Таким чином, на перших установках у 1928 р. продуктивність колон синтезу NH_3 із діаметром 400 мм складала 8 т/добу, а в сучасних установках у колонах із діаметром 2400 мм продуктивність сягає 1360 т/добу. Збільшення потужності майже в 170 разів відбулося за рахунок упровадження широких наукових досліджень багатьох поколінь учених, інженерів, виробників; застосування сучасних технологічних процесів, обладнання та апаратів; використання новітніх досягнень багатьох галузей науки й техніки.

В історії розвитку синтезу NH_3 автором не знайдено окремих публікацій становлення технології виробництва аміаку в Україні. Дослідження періодів та особливостей азотної промисловості країни та окремих хімічних підприємств до цього часу не проводилось. У подальших дослідженнях автора зроблено спробу розглянути детально ці питання. Необхідно відзначити, що першим азотно-туковим заводом в Україні, де одержали синтетичний NH_3 , є Горлівський у Донбасі, який побудований в 1933 р. і мав потужність 52 тис. т/рік рідкого аміаку. Проект заводу був розроблений фахівцями ДПРОКОКСа (м. Харків) за участю італійських спеціалістів. В основу проекту покладено процес синтезу NH_3 за методом Фаузера. Джерелом водню був коксовий газ, який отримували з поруч розташованого коксохімічного заводу. Водень коксового газу вилучали методом глибокого охолодження з використанням циклів Лінде. Азот отримували за допомогою ректифікації рідкого повітря. Технологічна схема виробництва NH_3 мала чотири колони синтезу конструкції Фаузера із внутрішнім діаметром 800 мм із проектною продуктивністю 40 т/добу кожна. Синтез NH_3 здійснювали при температурі 873 – 723 К під тиском 30 – 33 МПа [2], [3].

У 1938 р. було побудовано й уведено в експлуатацію Дніпродзержинський завод потужністю 75 тис. т/рік NH_3 , який було повністю обладнано апаратами вітчизняного виробництва [2], [10].

Наприкінці 30-х років ХХ ст. розпочато будівництво Лисичанського комбінату (зараз ЗАТ «Севродонецьке об'єднання Азот») і до 1941 р. було закінчено монтажні роботи цехів азотної кислоти й аміачної селітри. Тільки в 1951 р. на комбінаті було одержано NH_4NO_3 на привезеному NH_3 , а в 1953 р. розпочато виробництво аміаку з використанням процесу газифікації коксу [11].

У квітні 1944 р. відновив роботу Горлівський азотно-туковий завод випуском кисню, а в листопаді 1944 р. запущено цех синтезу NH_3 потужністю 65 т/добу, у березні 1945 р. була одержана аміачна селітра [2], [10].

У 1945 р. після відновлення зруйнованих корпусів виробництва NH_3 , NH_4NO_3 і HNO_3 та інших виробництв почав працювати Дніпродзержинський азотно-туковий завод [2], [3].

Протягом 60 – 70-х років ХХ ст. було збудовано Черкаський, Рівенський азотно-тукові заводи та Одеський припортовий завод, які використовували як сировину природний газ.

У 1990 р. на території України працювало 6 потужних хімічних підприємств азотної промисловості, які мали загальну потужність виробництва NH_3 у кількості більше 6,0 млн т/рік [12].

Висновки

Еволюція наукових ідей у розв'язанні проблем зв'язаного азоту дозволила вирішити важливі технічні проблеми одержання NH_3 із хімічних елементів, коксового газу, використання CaCN_2 . Швидкий розвиток промислового виробництва синтетичного аміаку викликав подальший розвиток методу одержання оксидів азоту й нітратної кислоти за допомогою контактного окиснення NH_3 . Автором із дослідження історії промислового способу одержання синтетичного аміаку показано різноманітні методи вироб-

ництва NH_3 в апаратах особливої конструкції, за різних технологічних умов та сировинної бази. З'ясовано досягнення та результати створення азотної промисловості в напрямку розвитку виробництва NH_3 і подальшому збільшенні потужності агрегатів синтезу аміаку.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гринь С.О., Кузнецов П.В. Наукові дослідження В.І. Атроценка в 30 – 40-і роки ХХ століття в галузі технології неорганічних речовин // Вопросы химии и химической технологии. – Днепропетровск: УГХТУ. – 2004. – № 6. – С. 53-57.
2. Кузнецов П.В. Наукова та науково-організаційна діяльність академіка В.І. Атроценка в хімічній технології: Дис. ... канд. техн. наук: 05.26.01 / НТУ «ХП». – Х., 2005. – 222 с.
3. Развитие химической промышленности в СССР (1917 – 1980). – М.: Наука, 1984. – Т. 2: Развитие отдельных отраслей химической промышленности. – 400 с.
4. Ипатьев В.Н. Материалы к производству аммиака из элементов: Тр. Комиссии по связанному азоту. ВСНХ. – М.: Научн. хим.-техн. изд-во. – 1920. – Ч. II. – Вып. 5. – С. 12-17.
5. Маляревский В.И., Голованов В.Н. Синтез аммиака. – Х., 1929. – 246 с.
6. Торочешников Н.С. Высшая школа и развитие азотной промышленности в СССР // Химическая промышленность. – 1978. – № 1. – С. 32-36.
7. Собрание законов и распоряжений Рабоче-Крестьянского правительства СССР. – 1928. – № 25. – С. 222.
8. КПСС в резолюциях и решениях съездов, конференций и пленумов ЦК. – М.: Политиздат, 1970. – Т. 4. – С. 38.
9. Костандов Л.А. Научно-химический процесс в азотной промышленности // Журн. Всесоюз. общества им. Д.И. Менделеева. – 1978. – Т. 23, № 1. – С. 3.
10. Наукова та науково-організаційна діяльність академіка В.І. Атроценка в хімічній технології: Монографія / Л.Л. Товажнянский, Г.І. Гринь, О.Я. Лобойко, П.В. Кузнецов. – Х.: НТУ «ХП», 2006. – 264 с.
11. Казаков В.А. Основные этапы и перспективы Северодонецкого химического комбината. 1951 – 2007: Монография. – Северодонецк: ОАО «Северодонецкая городская типография», 2007. – 224 с.
12. Хімічні технології і хімічна промисловість України. – К.: Верховна Рада України, 1998. – 171 с.

П.В. Кузнецов

История эволюции научных и технических идей при решении проблемы связанного азота

Проведены исследования истории эволюции научных и технических идей, изучение источников промышленного синтеза аммиака в России и СССР. Показаны периоды зарождения, создания и производства синтетического аммиака, усилия ученых и инженеров по разработке современных и экономичных методов производства аммиака.

P.V. Kuznyetsov

History of Evolution of Scientific and Technical Ideas is at Decision of Problem of Fixed Nitrogen

The Organized studies on study of the sources of the industrial syntheses of ammonia in Russia and on territory USSR. They Are Shown periods of the initial generation, creation and production of synthetic ammonia, effort scientist and engineer for development technical-modern and economic methods ammonia production.

Стаття надійшла до редакції 05.02.2009.