

MUNDARIJA

KIRISH

I BOB. ATMOSFERA AZOTINI BOG‘LASH MUAMMOSI

1.1. Atmosfera azotini bog‘lash muammosi va uning hal qilinishi

1.2. Atmosfera havosidan kreogen usulda azot va kislorodni fraktsiyalash

.....

II BOB. AMMIK SINTEZI UCHUN AZOT-KISLOROD ARALASHMASINI TAYYORLASH

2.1. Tabiiy gazni konversiyalashning fizik-kimyoviy asoslari

2.2. Metanni suv bug‘ili konversiyalash reaksiyasining muvozanati

2.3. Metan va uglerod (II)-oksidini konversiyalash katalizatorlari

2.4. Konversiya gazlari tarkibidan uglerod oksidlarini tozalash

III BOB. AZOTLI MINERAL O‘G‘ITLAR SANOATI

3.1. Ammiak sintezi

3.2. Nitrat kislota sintezi

3.3. Ammoniy sulfat sintezi

3.4. Ammiakli selitra sintezi

3.5. Karbomid sintezi

3.6. Azotli o‘g‘itlar ishlab chiqarishdagi innovatsiyalar va ularning
iqtisodiy samaradorligi

3.7. “Azot va uning birikmalari” mavzularini o‘qitish yuzasidan
qo‘shimcha materiallar

XULOSA

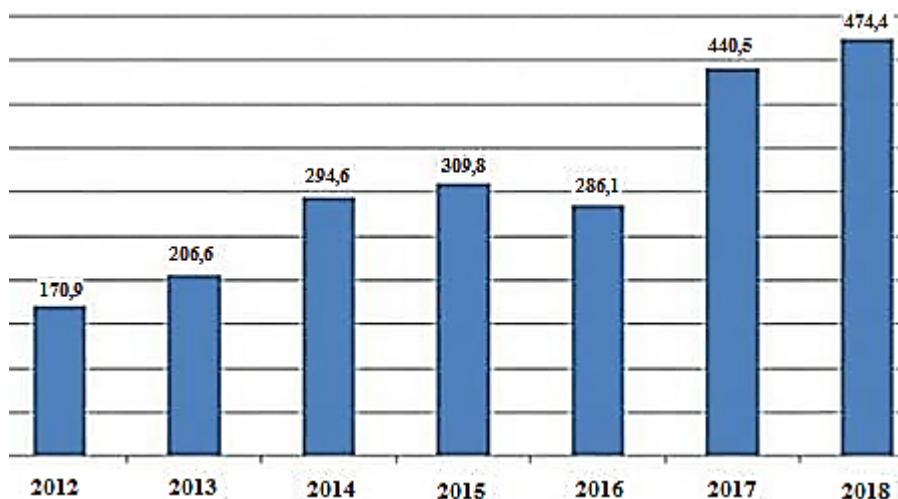
FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR.....

KIRISH

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Butun dunyoda jadal o‘tib borayotgan aholini oziq-ovqat mahsulotlari bilan ta’minlash uchun mineral o‘g‘itlar ishlab chiqarishi va qo‘llanilishi ortib bormoqda. Qishloq xo‘jaligi ekinlaridan yuqori va sifatli hosil yetishtirishda qishloq xo‘jaligi ishlab chiqarishini jadallashtirish, xususan uni kimyolashtirish muhim ahamiyat kasb etadi. O‘simliklarning normal o‘sishi va rivojlanishi uchun zarur nisbatlarda makroelementlar – azot, fosfor, kaliy, oltingugurt, kaltsiy va magniy, shuningdek mikroelementlar talab etiladi. Qishloq xo‘jaligi arzon mahsulotlarini olishda har xil ozuqa elementlarga ega mahalliy tabiiy minerallarga e’tibor qaratish lozim, bu esa mineral o‘g‘it xarajatini tejash, o‘simlik uchun maqbul nisbat va yetarli miqdorda o‘zlashuvchan shakldagi elementlar bilan to‘liq me’yorda ta’minlashga imkon beradi.

Azotli o‘g‘itlar — tarkibida azot bo‘lgan va o‘simliklarning azot bilan oziqlanish manbai sifatida qo‘llaniladigan organik hamda anorganik moddalar, o‘simliklarni azot bilan oziqlantirish manbai. O‘zbekistonda birinchi marta Chirchiq elektr kimyo kombinatida 1940-yilda ishlab chiqarilgan. Keyinchlik Farg‘ona azotli o‘g‘itlar zavodi, Navoiy kimyo kambinatida asosiy turdagi azotli o‘g‘itlar ishlab chiqara boshlagan. O‘zbekiston Respublikasi kimyo sanoatining azotli o‘g‘itlar ishlab chiqarish bo‘yicha yillik quvvati 2,8 mln. t (1995-yilda 1012,1 ming tonna azotli o‘g‘it ishlab chiqarilgan, 100% oziq modda hisobida).

Respublikamizda azotli mineral o‘g‘itlarning ishlab chiqarish dinamikasi yalpi mahsulot hisobiga 2012-yilda 170,9 mlrd. dan, 2018-yilda 474,4 mlrd. AQSh dollariga, ya’ni 2,76 barobar o‘sganligini 1-rasmda ko‘rish mumkin.



1-rasm. Respublikamizda azotli mineral o'g'itlarning ishlab chiqarish dinamikasi

Azotli o'g'itlar organik (go'ng, torf, kompost), mineral (ammiakli selitra, ammoniy sulfat, mochevina va suvli ammiak) hamda ko'kat o'g'itlarga (lyupinning ko'k massasi, seradella va b.) bo'linadi. Azotli o'g'itlarni ishlab chiqarishda ammiak va nitrat kislota asosiy xom ashyo bo'lib xizmat qiladi. Azotli o'g'itlar noqoratuproq sohada, o'rmonli dasht sohaning nam joylari va sug'oriladigan dehqonchilik sohasida qishloq xo'jaligi o'simliklari hosildorligini oshirishda eng yaxshi vosita hisoblanadi. O'simliklar ko'pincha azotning mineral birikmalaridan, asosan, nitrat va ammoniy tuzlarini o'zlashtiradi. Mineral azotli o'g'itlarda azot ammiakli, ammiakli-nitratli, nitratli va amidli ko'rinishlarda bo'lishi mumkin. Bu o'g'itlar tarkibidagi azotni o'simliklar oson o'zlashtiradi va uning ta'siri tez bilinadi. Sug'orma dehqonchilik mintaqasida qo'llaniladigan azotli o'g'itlarning asosiy miqdorini ammiakli selitra va mochevina tashkil etadi.

Ammiakli o'g'itlarga (azot NH_3 shaklida) ammoniy sulfat, ammoniy xlorid, ammoniy bikarbonat, suvsiz ammiak, suvli ammiak, ammiakatlar kiradi. Ammoniy sulfat tarkibidagi ammiakli azot tuproqqa yutilmaydigan nitrat holidagi azotga nisbatan tuproqda yaxshi ushlanib, kamroq yuvilib ketadi.

Ammiakli – nitratli o'g'itlar (azot NH_3 va NO_3^- shaklida)ga ammiakli selitra (ammoniy nitrat, nitrat kislotaning ammoniy tuzi) va ammoniy sulfonitrat kiradi. Ammiakli selitra asosan donador holda ishlab chiqariladi; bu o'g'it ta'sirida tuproqning muhiti kuchsiz kislotali bo'ladi.

Nitratli o'g'itlarga (azot NO_3^- shaklida) natriyli, kaltsiyli, kaliyli selitralar kiradi. Nitratli o'g'itlar fiziologik ishqoriydir, ularni kislotali muhitga ega bo'lgan tuproqlarda ishlatsa yaxshi natija beradi.

Amidli o'g'itlarga (azot NH_2 shaklida) mochevina (karbamid), mochevina-formaldegidli o'g'itlar kiradi. Sug'oriladigan dehqonchilikda mochevina azotli o'g'itlar ichida eng samarali hisoblanadi. Mochevina-formaldegidli o'g'itlar tuproq qatlamidan yuvilib ketmaydi, ular tuproqda sekin eriydi. Azotli o'g'itlar me'yori tuproq-iqlim sharoiti, o'simliklarning biologik xususiyatlari, tuproqqa solinadigan organik o'g'itlar miqdori va boshqalarga bog'liq. Azotli o'g'itlar qo'llaganda o'simliklar hosildorligini oshishi turlicha bo'lib, bu ko'rsatkich tuproqqa qanday ishlov berilishiga, o'stirilayotgan ekin turi va boshqa omillarga bog'liq. Dala sharoitida o'tkazilgan tajribalar shuni ko'rsatadiki, azotli o'g'itlarni qo'llanganda paxta hosili gektariga 13,5-15,7 ts va undan ham ortishi mumkin. Hosildorlik gektariga 37,4-39,8 ts bo'lishi uchun paxta dalasiga gektariga 250-300 kg sof azot miqdorida o'g'it solish zarur.

Respublikamizda mineral o'g'itlar, jumladan kam yuviluvchan ammiakli selitra, ammoniy va kaliy sulfati kabi o'g'itlar ishlab chiqish borasida muayyan natijalarga erishilmoqda. O'zbekiston Respublikasining 2017-2021-yillarga mo'ljallangan Harakatlar strategiyasining uchinchi yo'nalishida «...sanoatni rivojlantirish, mahalliy xom ashyo resurlarini chuqur qayta ishlash, qishloq xo'jaligini modernizatsiya qilish va jadal rivojlantirish...» ga qaratilgan muhim vazifalar, O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017-yil 7-fevraldagi PF №4947-son «2017-2021-yillarda O'zbekiston Respublikasini rivojlantirishning beshta tamoyili bo'yicha harakatlar strategiyasi» to'g'risidagi Farmoni va 2017-yil 23-avgustdagi PQ №3236-son «2017-2021-yillarda

kimyo sanoatini rivojlantirish dasturi to'g'risida» gi Qarori, shuningdek mazkur sohada qabul qilingan boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni bajarishga ushbu dissertatsiya dissertasiyai muayyan darajada xizmat qiladi.

Dissertasiyaning maqsadi: azotli mineral o'g'itlarning respublikamizda ishlab chiqarilish holati, dinamikasini, fizik – kimyoviy tovar xossalari yaxshilashga qaratilgan innovatsion tadqiqotlarni o'rganish, taxlil qilish va to'plangan materiallarni umumta'lim maktablari 8-sinf “Kimyo” fani «Azot va uning birikmalari» mavzulari mazmuniga kiritish bo'yicha uslubiy ishlanma yaratish.

Dissertasiyaning vazifalari:

-Respublikada mavjud kimyo korxonalarida ishlab chiqarilayotgan azotli o'g'itlarning tarkib va fizik-mexanik xossalarini aniqlash;

-komponentlarning og'irlik nisbatlariga bog'liq ravishda turli qo'shimchalar kiritish orqali portlovchanligini va suvda eruvchanligini kamaytirish yo'nalishida olib borilayotgan tadqiqot ishlarini o'rganish;

-o'rganilgan va taxlil qilish asosida umumlashtirilgan materiallarni umumtalim maktablari “Kimyo” fani ishchi dasturidagi «Azot va uning birikmalari» mavzulariga kiritish va o'rganish o'rnini aniqlash.

Dissertasiyaning ob'ekti: “Maxam-Chirchiq” AJ, “Navoiyazot” AJ, “Farg'onaazot” AJ, umumta'lim maktablari “Kimyo” fani ishchi dasturi.

Dissertasiyaning predmeti: suvda kam eruvchan va tuproq eritmasidan sekin yuviluvchan azotli o'g'itlar olish jarayonini o'rganish; umumta'lim maktablari 8-sinf “Kimyo” fani «Azot va uning birikmalari» mavzulari.

Dissertasiyaning amaliy ahamiyati: Respublikamizda azotli o'g'itlar ishlab chiqarish holati, sanoat korxonalari va ilmiy tadqiqot institutlarida azotli o'g'itlarni fizik – kimyoviy hamda tovar xossalarini yaxshilashga qaratilgan innovatsion tadqiqotlar o'rganilishi orqali aniqlangan materiallar umumta'lim maktablari 8-sinf “Kimyo” fani «Azot va uning birikmalari» mavzulari mazmuniga kiritiladi. Shu bo'yicha yaratilgan uslubiy ishlanma o'quv jarayonida qo'llash imkoniyati yaratiladi.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi:

MD si kirish, 3 ta bob, ... ta foydalanilgan adabiyotlardan tashkil topgan. MD si kompyuter bosma shaklida tayyorlangan bo'lib, ... sahifadan iborat. O'z ichiga ishning ko'rgazmalinini ta'minlovchi 4 ta rasm, ... ta jadval va ... ta diagrammani olgan.

MD mavzusi yuzasidan ... da Respublika miqyosidagi anjumanda va ... da Xalqaro miqyosidagi anjumanda 2 ta maqola nashrdan chiqarilgan.

I BOB. ATMOSFERA AZOTINI BOG‘LASH MUAMMOSI

1.1. Atmosfera azotini bog‘lash muammosi va uning hal qilinishi

Azot va uning birikmalari xalq xo‘jaligi kompleksida, hamda inson hayotiy faoliyatida nihoyatda katta o‘rin tutadi. Toza azot yillik ishlab chiqarish masshtabi 100 mln tonnadan ortiq bo‘lgan ammiak sintezi uchun asosiy xom ashyo hisoblanadi. Bundan tashqari u inert gaz sifatida bir qator texnologik jarayonlarni amalga oshirishda qo‘llanilib kelinmoqda. Suyuq azotdan quyi haroratlar hosil qilishdagi sovutuvchi agent sifatida keng foydalanib kelinmoqda.

Azot birikmalari sanoat va qishloq xo‘jaligining turli tarmoqlarida alohida ahamiyatga egadir. Ular nitrat kislota, turli-tuman mineral o‘g‘itlar, polimer materiallar, portlovchi moddalar, reaktiv dvigatel yoqilg‘isi, lak-bo‘yoqlar, dori-dormonlar va boshqa ko‘pgina moddalar sanoatida iste‘mol qilinadi.

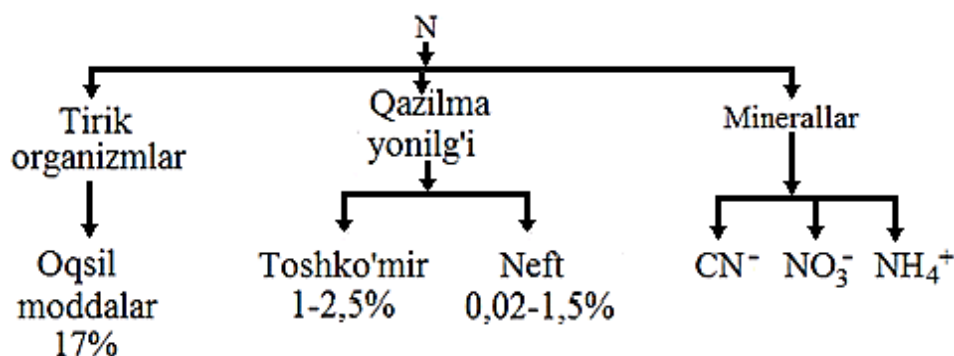
Yer sayyorasida aholi sonining doimiy ortib borishi natijasida oziq mahsulotlarga bo‘lgan talab uzluksiz o‘sib bormoqda. 1830-yilda sayyoramizda 1 mlrd inson yashagan bo‘lsa, 1930-yil 2 mlrd, 1988-yil 5 mlrd, hozirgi kunga kelib esa 7 mlrd dan ortiq inson yashamoqda. Aholi sonini ortishi bilan shaxarlar, sanoat va tog‘-kon korxonalari, yo‘llar va boshqa inshootlar qurilishi hisobiga qishloq xo‘jaligi ekin maydonlari ham qisqarib bormoqda. Shu munosabat bilan insonlarning oziq mahsulotlariga bo‘lgan ehtiyojlarini qondirish uchun qishloq xo‘jalik ekinlarini hosildorligini oshiruvchi 100 mln tonna mineral o‘g‘itlarni ishlab chiqarish ehtiyoji paydo bo‘lgan.

Azot tabiatda keng tarqalgan kimyoviy elementlardan biridir. Uning miqdori yer qobig‘i va atmosferani qo‘shib hisoblaganda 0,04% ni tashkil qiladi. Biroq yuqori kimyoviy inertligi tufayli azotning asosiy massasi atmosferada to‘plangan, u umumiy miqdorning 75% ga to‘g‘ri keladi yoki $4 \cdot 10^{15}$ tonnani tashkil qiladi. Litosferada azotning miqdori 0,01% ga teng. Azotni yuqori kimyoviy inertligi tufayli tabiatda

birikmalari juda kam uchraydi. Bunday birikmalarga Chilidagi natriyli selitra va Hindistondagi kaliyli selitra konlari misol bo‘ladi. Bundan tashqari azot toshko‘mir, torf, neft tarkibida ham uchraydi. Biroq tabiiy qazilmalardagi azotning miqdori qayta tiklanmaganligi sababli juda kamdir va azotli birikmalar olish uchun asosiy xom ashyo manbaasi sifatida elementar azot xizmat qiladi.

Azotning kashf qilinishi 1772-yil hisoblanadi. Ingliz olimi E.Rezerford ko‘mirni havoda yonish mahsulotlarini tadqiq qilish paytida ishqor tomonidan CO_2 yutilgandan so‘ng yonishda ishtirok etmaydigan sezilarli hajmda gaz qolishini aniqlagan. Shu sababli u havoning bu qismini buzilgan havo deb nomlaydi. Havoning bu qismini to‘liq o‘rganish ishlari 1787-yilda A.Lavuadze tomonidan amalga oshiriladi. U havoning bu qismini yonmaydigan va yonishga yordam bermaydigan, bu moddada tirik organizmlar bug‘ilib o‘ladigan alohida kimyoviy element sifatida ko‘radi. Shularni hisobga olib Lavuadze bu moddani grek tilidan tarjima qilinganda “hayotsiz, hayotni ta‘minlamaydigan” – azot deb nomlashni taklif qiladi.

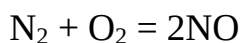
Azotni yer qobig‘ida uchrash shakli nihoyatda turlicha. U turli minerallar, toshko‘mir, neft va boshqa qazilma yonilg‘ilari tarkigi kiradi. Yerda hayotni davomiyligini ta‘minlashda azotning muhim ahamiyati tirik xujayralar usiz mavjud bo‘la olmaydigan oqsillar tarkibiga kirishi hisoblanadi. 1-rasmda azotni yerda mavjud bo‘lish shakllari va ulardagi element miqdori keltirilgan:



2-rasm. Litosferada azotni mavjud bo‘lish shakllari

Azotning asosiy tabiiy manbasi atmosfera hisoblanadi. Unda azotning massasi $4 \cdot 10^{15}$ tonnani, quruqlikning har bir gektarga $8 \cdot 10^{14}$ tonnadan to'g'ri keladi. Biroq gazsimon molekulyar azot eng barqaror kimyoviy birikmalardan biri. Azot molekulasidagi bog' energiyasi 940,5 kJ/molga teng. Azot atomiga hisoblanganda eng yuqori entropiya qiymatiga ega, shu sababli elementar azotning reaksiyaga kirishish qobiliyati nihoyatda sust.

Tabiiy sharoitda atmosfera azotining faqat arzimagan qismigina chaqmoq zaryadlari hisobiga biologik o'zlashtiriladigan shaklga ushbu reaksiya tenglamasi bo'yicha o'tadi:



yoki cheklangan tur o'simliklar organlari tomonidan bevosita fermentlar yordamida katalizlash yo'li bilan fotosintez jarayonida aminokislotalar shaklida o'tkazdiriladi: N_2 (atm.) $\rightarrow$ N (bakt.) $\rightarrow$ N (bog'lan).

Ko'pchilik organizmlar (yuqori o'simliklar va hayvonlar) azotni -3 oksidlanish darajali birikmalar shaklida o'zlashtiradilar, biroq ular atmosfera azotini o'zlashtira olmaydilar. Sanoatda azot birikmalaridan foydalanishda ham shu yo'l tutiladi.

Atmosfera azotini tabiiy jarayonlarda o'zlashtiriladigan yoki bog'lanish jarayoni tezligi nihoyatda kam bo'lib cheklangan. Hayot uchun zarur bo'lgan azotning yarmi atmosferaga 10^8 yilda qaytgan holda, kislorod uchun bu muddat 3000 yilni, uglerod uchun esa bori yo'g'i 100 yilni tashkil qiladi. Zamonaviy agromadaniyat uzluksiz ravishda ekin maydonlaridan yiliga 88 mln. tonna "o'zlashtirilgan azot"ni olib chiqib ketadi, bu o'simliklar ozuqlanishi uchun zarur bo'lgan azotning 90%ni tashkil qiladi. Shu sababli birinchi navbatdagi vazifa - tuproqdagi azotning zahira miqdorini uzluksiz ravishda o'simliklar o'zlashtiradigan, ya'ni uning birikmalari shaklda to'ldirib borishdan iborat. XIX asr oxiriga qadar bunday «bog'langan» azot manbaasi bo'lib, tabiatda zahira miqdori cheklangan tabiiy tuzlar – natriy va kaliy nitrat xizmat qilgan. Dehqonchilik masshtabini kengayishi va sanoatda azotning turli birikmalariga bo'lgan talabning ortishi natijasida bu birikmalarni olishning sanoat usullarini yaratish,

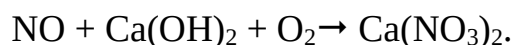
atmosfera azotini «bog‘langan» shaklda ishlab chiqarishni yo‘lga qo‘yish dolzarb bo‘lib qoldi.

Azot atomining yuqori entropiyasi atmosfera azoti ishtirokida boradigan jarayonlar uchun alohida texnologik rejim tanlash: yuqori harorat va yuqori bosimni qo‘llash, shuningdek o‘ziga xos xossalari katalizator ishtiroki bilan amalga oshirish mumkinligi aniqlangan edi. XX asr boshlariga kelib deyarli bir vaqtning o‘zida molekulyar azotdan uning birikmalarini olishning uchta texnik: yoyli, tsianidli va ammiakli usuli ishlab chiqildi.

1. Yoyli usul asosida havo kislorodi bilan azotni to‘g‘ridan to‘g‘ri, 3000°C li voltli yoy alangasidagi ekzotermik reaksiyasi yotadi:



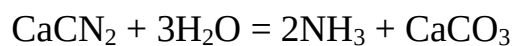
keyin hosil bo‘lgan azot (II) oksididan kaltsiy nitrat olish orqali jarayon davom ettiriladi:



2. Tsianidli usul asosida o‘ta maydalangan kaltsiy karbidni 1000°C atrofidagi haroratda molekulyar azot bilan ta’sirlashuvi natijasida kaltsiy tsianid hosil bo‘lishi yotadi:



keyin hosil bo‘lgan kaltsiy tsianid gidrolizlab ammiakka aylantiladi:



3. Ammiakli usul elementar azot va vodorodni o‘zaro reaksiyasiga asoslangan:



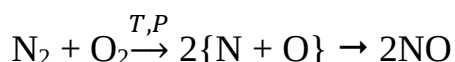
Bu usullar bilan azotni bog‘lashning energiyaga bo‘lgan talabi 1.1.1-jadvalda keltirilgan.

Azotni bog'lashning energiyaga bo'lgan talabi

Usul	1 tonna ammiak ishlab chiqarish uchun energiya safi, kj
Yoyli	$7 \cdot 10^4$
Tsianidli	$1,2 \cdot 10^4$
Ammiakli	$0,5 \cdot 10^4$

Azotni o'zlashtirishning eng kam energiya talab qiladigan ammiakli usuli ishlab chiqarishga joriy qilinishiga olib keldi.

Keyingi yillarda azot (II) oksid unumi kam va katta energiya sarfi talab qilganligi tufayli sanoatdan keng qo'llanilmagan yoyli usul modifitsikatsiyalangan quyi haroratli havoli plazma-kimyoviy jarayonga quyida keltirilgan sxema bo'yicha amalga oshirilmoqda:



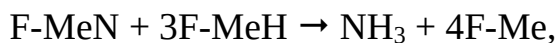
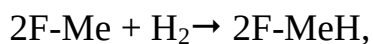
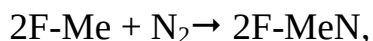
Jarayon $5 \cdot 10^3$ - 10^4 °C haroratda, 2 MPa bosimda va 0,0001 sekund kontaktlash vaqti plazmali qurilmaning yuqori quvvatini ta'minlab beradi.

Qurilmani magnitgidrodinamik (MGD) generator bilan kombinirlanishi ikkilamchi energiya resurslaridan foydalanish va energiyani qaytarish imkoniyatini yaratdi.

Atmosfera azotini o'zlashtirish usullarini sanoatga kiritish bilan birgalikda ishlab chiqarishda azotni biokimyoviy aylanishini tavsiflovchi ushbu sxema bo'ylab: o'simlik → hayvon → o'simlik va hayvonlar hayotiy faoliyati mahsulotlarini tuproqqa kiritilishi → biokimyoviy parchalanish jarayonlari → texnosferada ahamiyatga ega bo'lgan o'simliklar tomonidan o'zlashtiriladigan shakldagi azotni texnobiogeokimyoviy jarayonga aylantirish.

Atmosfera azotini o'zlashtirishdagi yangi yo'nalish oraliq metallarning (temir, xrom, molibden) kompleks birikmalaridan foydalanib amalga oshiriluvchi fermentativ

usul yaratildi. Bunda tabiatdagi sharoitlarda o'simliklar tomonidan azotni tabiiy o'zlashtirish printsiptan foydalanilgan:



bu yerda: F-Me – ferment va metallning kompleks birikmasi.

Jarayon tabiatdagi sharoitlarga yaqin, normal bosim va 20°C haroratda boradi.

Ammiak sintezi uchun AQShda patentlangan atmosfera azotini bog'laydigan plazma va termal usullarni o'z ichiga oladigan eng ilg'or usul sifatida amaliyotga joriy qilinmoqda.

1.2. Atmosfera havosidan kreogen usulda azot va kislorodni fraktsiyalash

Ammiak sintezi uchun asosiy xom ashyo bo'lgan azot-vodorod aralashmasida 0,001% dan ortiq bo'lmagan miqdorda kislorod bo'ladi. Bundan toza modda tabiatda mavjud emas, shu sababali ular tabiiy manbalardan sun'iy yo'l bilan hosil qilinadi. Toza kislorod olish uchun boshlang'ich xom ashyo havo hisoblanadi. Havoning tarkibi va tarkibiy qismlarining fizik xossalari quyidagi jadvalda keltirilgan.

1.2.1-jadval

Havoning tarkibi va tarkibiy qismlarining fizik xossalari

Tarkibiy qism	Havodagi miqdori, % hajm hisobida	Qaynash harorati °C, 760 mm sim. ust.	Kritik harorati °C	Kritik bosimi, atm.
Azot	78,09	-195,75	-146,9	33,54
Kislorod	20,95	-182,47	-118,8	49,71
Argon	0,93	-185,80	-122,4	48,0
CO ₂	0,03	-78,50	31,0	72,4

Neon	$1,8 \cdot 10^{-3}$	-246,10	-228,7	26,86
Geliy	$5,24 \cdot 10^{-4}$	-268,90	-268,0	2,26
Kripton	$1 \cdot 10^{-4}$	-153,20	-63,8	54,18
Ksenon	$8 \cdot 10^{-6}$	-108,10	16,6	57,64
Vodorod	$5 \cdot 10^{-5}$	-252,80	-239,4	12,8

Havoning asosiy tarkibiy qismini azot, kislorod va karbonat angidrid tashkil qiladi. Bundan tashqari havoda ammiak sintezi jarayoniga ta'sir ko'rsatmaydigan inert gazlar uchraydi. Shu sababli toza azot olish uchun havodan kislorod va karbonat angidridni ajratib olish zarur. Bu vazifani ikki usulda hal qilish mumkin: kislorodni uchmaydigan yoki oson yutiladigan birikma sifatida bog'lash; havoni suyuqlantirish va rektifikatsiyalash yo'li bilan keyinchalik tarkibiy qismlarga ajratish.

Birinchi usul havoni cho'g'langan metall ustidan o'tkazishga asoslangan. Bunda kislorod metall bilan ta'sirlashib uchmaydigan birikma hosil qiladi va toza azot olinadi. Biroq bu usulning kamchiligi yirik tonnali ammiak sanoati uchun maqsadga muvofiq emas.

Shu sababli toza azot olishning asosiy usuli rektifikatsiyalash usulida ajratishga qaratilgan havoni suyuqlantirish hisoblanadi.

Bu usul havoda toza azot olish bilan birgalikda kislorod, argon va kamyob inert gazlar ham olish imkoniyatini berganligi tufayli kimyo, metallurgiya va sanoatning boshqa tarmoqlarida keng qo'llaniladi. Suyuqlantirish uchun havoni juda past haroratgacha sovitish kerak bo'ladi. Havodan suvitish vaqtida dastlab qizdirish issiqligi ajralib olinadi va quruq to'yingan bug' hosil bo'ladi. Keyingi sovitish jarayonida to'yingan bug'dan kondensatlanish issiqligi ajratib olinadi va havo suyuqlikka aylanadi. Suyuq havo olish uchun uni atmosfera bosimida qaynash harorati ($-191,8 \div -193,7^{\circ}\text{C}$) oralig'ida sovitish zarur. Ma'lumki, gazlarni qaynash harorati bosimga bog'liq bo'ladi – bosim ortishi bilan qaynash harorati ham ko'tarilib boradi. Biroq har

bir gaz uchun alohida qa'tiy harorat mavjud bo'lib, undan yuqori haroratda bu gaz suyuqlikka aylanmaydi, hatto yuqori bosimlarda ham. Bu harorat kritik harorat deyiladi va kritik haroratga ega gazlarni suyuqlanishi yuz beradiga bosim ham kritik deb nomlanadi. Havo uchun kritik harorat $-140,7^{\circ}\text{C}$ ni, kritik bosim esa $37,2 \text{ atm}$ ni tashkil qiladi.

Shunday qilib, havoni kritik bosimgacha ko'tarib $-193,7$ dan $-140,7^{\circ}\text{C}$ gacha bo'lgan haroratda uni kondentsatlash mumkin.

Biroq, tabiatda bunday quyi haroratga ega sovitish agentlari mavjud bo'lmaydi. Gazlarni bunday quyi haroratgacha sovitish muammosini 1852-yilda Joul-Tomson tomonidan kashf qilingan siqilgan real gazlarni harorati kengayish (drossellash) vaqtida o'zgarib, ko'p hollarda pasayishi haqidagi effektdan foydalanibgina hal qilish mumkin. Joul-Tomson effektiga asoslanib 1895-yilda K.Linda gazlarni suyuqlantirishning oddiy usulini ishlab chiqdi. K.Linda ishlanmasi keyinchalik ko'pgina olimlarning mehnatlarini rivojlanishiga va sanoatda keng qo'llanishiga olib keldi.

Ma'lumki, Mendeleyev-Klapeyron tenglamasiga muvofiq gazlarning bosimi, hajmi va harorati o'rtasida bog'lanish mavjud:

$$PV = mRT.$$

Bu tenglama faqat ideal gazlar uchungina amal qilinadi. Real gazlar parametrlarini hisoblash uchun, ayniqsa, yuqori bosim va quyi haroratli sohalarda Van-der-Vffls tenglamasi mos keladi:

$$\left(P + \frac{a}{V^2}\right) \cdot (V - b) = RT.$$

Bu tenglamaga $\frac{a}{V^2}$ va b tuzatish maqsadida kiritilgan. Tuzatish gaz molekulalari orasidagi o'zaro tortilish kuchini (ichki bosim) hisobga oladi, Tuzatish b esa suyuqlanmaydigan gaz hajmi (molekulalar hajmi).

Bu tenglamadan keltirib chiqadiki, Mendeleyev-Kalpeyron tenglamasi bo'yicha hisoblab topilgan real gazlarning parametrlari siqilgach va kengaygandan keyin ideal gazlar parametrlaridan farq qiladi.

Real gazlarni kengayishida sodir bo'ladigan hodisalarni tushuntirish uchun

Quyi harorat termodinamikasida Joul-Tomsonning differensial va integral effektlari farqlanadi. Joul-Tomsonning differensial effekti uchun juda kichik bosimlarda haroratni o'zgarishi qabul qilinadi.

Siqilgan real gazlarni kengayishida sodir bo'ladigan hodisalarni tushuntirish maqsadida drossellash jarayonini o'rganish lozim. Drossellash - siqilgan gazlarni soplo orqali kengayishi jarayonini tashqi ish bajarmasdan erkin sarflanishi tushuniladi. Siqilgan gazlarni parametrlarini drossellashgacha P_1, V_1, T_1 bilan, drossellashdan keyin esa P_2, V_2, T_2 bilan belgilab olamiz.

Drossellash vaqtida gaz bosimi pasayadi va u kengayadi. Ideal gazlarning harorati doimiy bo'ladi, biroq barcha real gazlar uchun harorat o'zgaradi. Real gazlar drossellanishida ikki – ichki va tashqi ish bajariladi. Ichki ish gaz molekulalari o'rtasidagi o'zaro tortilish kuchini engish, tashqi ish – drossellashdan keyin ta'sir ko'rsatuvchi ayni bosimda gaz hajmlarini aralashtirish uchu sarflanadi. Termodinamikasining birinchi qonuniga ko'ra keltirilgan issiqlik gaz holatining o'zgarish jarayoniga, ichki energiyani o'zgarishiga va tashqi ish bajarilishiga sarflanadi:

$$\Delta Q = U_2 - U_1 + A_1,$$

bu yerda ΔQ – gazdan chiqqan issiqlik miqdori; U_1 va U_2 – jarayon boshlanishida va oxiridagi ichki energiya; A – gaz bilan bajarilgan tashqi ish.

Gazlarning ichki energiyasi ikki kattalik – molekulalarni o'zaro tortishish energiyasi va molekulalar harakatlanishining kinetik energiyasi:

$$U = U' + C_V T.$$

Gaz bilan bajarilgan tashqi ish hajm va bosim ko'paytmasiga teng:

$$A = PV.$$

O'z navbatida tenglamani quyidagicha yozish mumkin:

$$\Delta Q = (U_2' - U_1') + C_V(T_2 - T_1) + (P_2 V_2 - P_1 V_1).$$

Drossellash jarayoni adiabatik bo'lganligi tufayli, ya'ni $\Delta Q = 0$, issiqlik ajralishi va yutilishlarisiz sodir bo'ladi. O'z navbatida:

$$(U_2' - U_1') + C_V(T_2 - T_1) + (P_2V_2 - P_1V_1) = 0.$$

Bu tenglamadan foydalanilgan holda drossellash vaqtida harorat o'zgarishini kuzatish mumkin. Shu maqsadda tenglamani quyidagicha yozish mumkin:

$$C_V(T_1 - T_2) = (U_2' - U_1') + (P_2V_2 - P_1V_1).$$

Gazni drossellash jarayonida bajarilgan ichki ish $(U_2' - U_1')$ doimo ijobiy, chunki, quyi bosimda gazning ichki potensial energiyasi yuqori bosimdan doimo katta bo'ladi, ya'ni $(U_2' - U_1') > 0$. Shunday qilib gazni drossellash vaqtida ichki energiyaning o'zgarishi ularning haroratini pasayishi bilan sodir bo'ladi.

Drossellashning umumiy effekti, o'z navbatida gaz haroratining o'zgarishi, ichki va tashqi ishlar nisbati bilan aniqlanadi.

Gazni drossellash vaqtida bajarilgan ichki ish musbat, manfiy va nolga teng bo'lishi mumkin:

$$P_2V_2 > P_1V_1;$$

$$P_2V_2 = P_1V_1; P_2V_2 < P_1V_1.$$

Bininchi va ikkinchi holatda gazlarni drossellashda ularni sovishi kuzatiladi. Uchinchi holatda gazlar harorati pasayishi, ko'tarilishi yoki o'zgarishsiz qolishi mumkin:

–agar $(U_2' - U_1') > P_2V_2 - P_1V_1$, $\Delta T > 0$, bo'lsa gaz soviydi;

–agar $(U_2' - U_1') = P_2V_2 - P_1V_1$, $\Delta T = 0$, bo'lsa gaz harorati o'zgarishsiz qoladi;

–agar $(U_2' - U_1') < P_2V_2 - P_1V_1$, $\Delta T < 0$, bo'lsa gaz qiziydi.

Shunday qilib, Joule-Tomson effektining qiymati musbat, manfiy va nolga teng bo'ladi.

Boshlang'ich 20°C haroratda 8 dan 0,1 MPa kengaygan havo uchun keltirilgan tenglamaga muvofiq hisoblangan oxirgi harorat T_2 84 K yoki -189°C ga teng. Haqiqatda esa erishish mumkin bo'lgan haroratni payayishi hisoblangandan kam bo'ladi.

Amaliy hisoblarda haroratning va entalpiyaning o'zgarishi gazlarni kengayish jarayonida termodinamik diagramma bo'yicha aniqlanadi, jumladan $S - T$ entropiya diagrammasi bo'yicha ham.

II BOB. AMMIK SINTEZI UCHUN AZOT-KISLOROD ARALASHMASINI TAYYORLASH

2.1. Tabiiy gazni konversiyalashning fizik-kimyoviy asoslari

Kimyo sanoatining eng muhim va zaruriy xom-ashyolaridan biri bu texnologik gaz (sintez gaz) hisoblanadi. Sintez gaz hozirgi kunda ammiak va metanol sintezi uchun asosiy xom-ashyo hisoblanadi. Tarkibida vodorod tutuvchi gazlarni olish jarayonlari qo'llanilayotgan oksidlovchi va texnologik jihozlanishga ko'ra quyidagi variantlarda bo'lishi mumkin: yuqori haroratli kislorodli konversiya, shaxtali reaktorda boradigan katalitik bug'-kislorodli konversiya, quvurli reaktorlarda boradigan katalitik bug'-karbonatli konversiya. Sintez gazni hosil qilish uchun turli mamlakatlarda turlicha xom-ashyodan foydalaniladi. Bu maqsadda Rossiya Federatsiyasida qattiq yoqilg'i, tabiiy va neft-yo'ldosh gazlardan foydalanilsa, Yaponiya va Germaniya kabi mamlakatlarda suyuq yoqilg'idan foydalaniladi. Bizning respublikamizda bu maqsadda tabiiy gazdan foydalaniladi.

Sintez gazni tabiiy gazdan tarkibining asosini tashkil qiluvchi metanni oksidlab olishda quyidagi reaksiyalar boradi:



Ayni vaqtda (III) reaksiya ham boradi. Metan gomologlarini oksidlanish ham analogik tarzda amalga oshadi. Aniq sharoitlarda (2.1.2) va (2.1.3) reaksiyalar qaytar, (2.1.1) reaksiya esa qaytmas hisoblanadi. Barcha jarayonlar hajm ortishi bilan boradi. Shu sababli jarayonlarni quyi bosimda olib boirish maksadga muvofiq hisoblanadi. Biroq metan konversiyasidan keyingi tozalash jarayonlari yuqori bosimda olib borilganligi tufayli konversiyalash jarayonini ham bosim ostida olib boriladi.

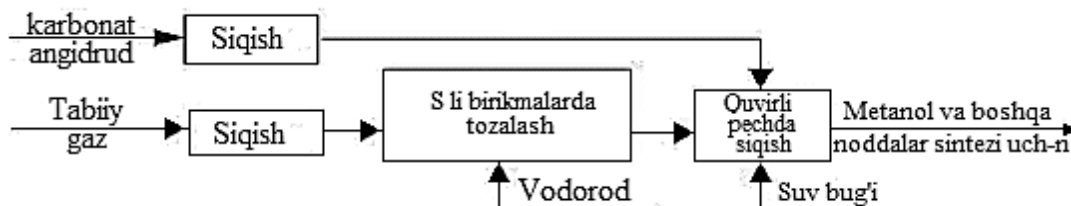
Konventor gazining tarkibi ishlab chiqarish sohasi talabiga qarab turlicha bo'lishi mumkin:

2.1.1-jadval

Mahsulot	Tarkibi	Nisbati
Vodorod	$(H_2+CO) + (CH_4+CO_2)$	5,50-10,0
Ammiak	$(H_2+CO) + N_2$	3,05-3,10
Metanol	$(H_2+CO) + (CH_4+H_2O)$	2,00-2,20

Konventor gazi tarkibiga turlicha talab qo'yilishiga qaramasdan, uning ma'lum tartibdagi tarkibini uglevodorodlarni suv - bug'li, bug'-karbonatli, kislorod va havoli katalitik konversiyalash orqali hosil qilish mumkin.

Quyidagi 3-rasmda zamonaviy qurilmalarda tabiiy gazdan sintez gaz olishning texnologik bosqichlari o'rtasidagi aloqa keltirilgan:



3-rasm. Tabiiy gazdan sintez gaz olish sxemasi

Tabiiy gaz qazib olingan vaqtda uning tarkibida ko'pgina miqdorda noorganik va organik oltingugurtli birikmalar bo'ladi. Noorganik birikmalardan tabiiy gaz tarkibida faqat vodorod sulfid bo'ladi. Organik oltingugurtli birikmalar tabiiy gaz tarkibida turli – tuman bo'ladi. Bular - uglerodoksisulfid COS, karbosulfid CS₂, tiofen C₄H₄S, sulfidlar R₂S, disulfidlar R₂S₂, merkaptanlar RHS (metilmerkaptan CH₃SH, etilmerkaptan C₂H₅SH, og'ir merkaptanlar, C₆H₅SH).

O'tqazilgan ko'pgina dissertasiyalar asosida aniqlanishicha molekulyar massa qancha katta bo'lsa, uni gaz tarkibidan tozalash shuncha qiyin kechadi. Eng qiyin

tozalaniladigan oltingugurtli organik modda - tiofen ekan. Shuningdek sulfidlar va merkaptanlar ham qiyin tozalaniladi.

Kislorod va oltingugurt moddalarining izlari juda kam miqdori bo'lganda ham zararli bo'lib, katalizatorni zaharlaydi. Shuning uchun bu gazdarni ayni aralashmalardan tozalash - eng qiyin vazifalardan hisoblanadi. Tozalashdan oldin oltingugurtli birikmalar vodorod sulfidgacha gidratlanadi va hosil bo'lgan vodorod sulfid ammiakli suv, etanolamin va karbonatlar eritmasiga yutiladi. Tozalanib chiqqan gazning tarkibida vodorod sulfid miqdori 1 mg/m^3 dan ortmasligi lozim.

Texnik gazlarning aralashmalardan tozalash uchun quyidagi usullar qo'llaniladi:

- qattiq sorbentlarga aralashmalarning adsorbsiyasi;
- suyuq moddalarga gazlarning yutilishi (absorbsiya);
- aralashmalarning chuqur sovo'tish usuli bilan kondensasiya qilish;
- katalitik gidradlash;

Qattiq sorbentlar gazni asosan oltingugurtli moddalardan tozalaydi. Suyuq sorbentlar CO va CO₂ ni yutadi.

Oltingugurtli organik moddalarni tozalash katalitik tarzda (alyumolibden yoki alyuminonikelmolibdenli), 350-400°C haroratda va 2-4 MPa bosimda gidrogenlash orqali amalga oshiriladi. Gidrogenlash jarayoni quyidagi reaksiyalardan iborat:



Yuqoridagi sharoitda olib borilgan reaksiya deyarli oxirigacha boradi va amalda qaytmas hisoblanadi.

Keyingi bosqichda 390-410°C haroratda hosil bo'lgan vodorod sulfid rux oksidi asosidagi (GIAP-10) katalizatorga yuttiriladi:



200-500°C harorat oralig'ida reaksiya oxirigacha borib, gazning tozalanish darajasi yuqori bo'ladi.

Tarkibida oltingugurtli birikmalar miqdori ko'p bo'lgan tabiiy gazni sintetik seolitlar (molekulyar to'r) qo'llash yo'li bilan adsorbsiyalash usulida tozalanadi. Oltingugurtli birikmalarni tozalashda eng maqbul katalizatorlar tarkibiga Na_2O , Al_2O_3 , SiO_2 kiruvchi NaX markali seolitlar hisoblanadi. Sorbsiyalash xona haroratida olib boriladi, seolitni regenerasiyalash 300-400°C haroratda olib boriladi. Regenerasiya azot yoki tozalangan gazni doimiy harorat ortib borishi tartibida amalga oshiriladi, bunda oltingugurtning asosiy miqdori, 65%i 120-200°C haroratda ajralib chiqadi.

Atmosfera bosimida va dastlabki tarkibiy qismlarning stexiometrik nisbatiga ko'ra metan konversiyasi 800°C harorat atrofida deyarli to'liq oxirigacha boradi. Bunda suv bug'ining sarfini oshirish hisobiga quyi haroratlarda ham metanning parchalanishini yuqori darajaga etkazish mumkin. Bosimning ortishi konversiyaning to'liq borishini kamaytiradi. Masalan 3 MPa bosimda to'liq konversiyalashga faqat 1100°C haroratda erishish mumkinligi kuzatilgan.

Zamonaviy qurilmalarda 2 MPa bosim va $\text{H}_2\text{O}=1,4$ nisbatda bug'li konversiyasi natijasida metanning qoldiq gazlardagi miqdori 8-10 % ni tashkil etadi. CH_4 ning qoldiq gazlardagi miqdorini 0,5% gacha etkazish uchun konversiya ikki bosqichda: bosim ostida bug'li konversiya (1-bosqich) va havo kislorodi ishtirokida bug'-havoli koversiya (2-bosqich) olib boriladi. Bunday usulda olingan sintez gazning stexiometrik tarkibini hosil qilishda texnologik kislorod va azot olish uchun havoni ajratish zaruriyati kerak bo'lmaydi.

Metanni konversiyalab vodorod olishda to'liqsiz oksidlanish jarayoni sodir bo'ladi:





Kislorod ishtirokida konversiyalashda, suv bug‘i ishtirokida konversiyalashdek bosimni oshirish termodinamik jihatdan maqsadga muvofiq emas. Birinchi bosqich reaksiyaning muvozanat konstanta qiymati shu darajada yuqoriki, bu reaksiyani amalda qaytmas bo‘lishiga olib keladi. SHu sababli gazlar aralashmasidagi kislorod aralashmasini stexiometrik nisbatdan ko‘p bo‘lishi mahsulot unumini ortishiga olib kelmaydi.

Kislorodli konversiyada bosimning ortishi suv bug‘i konversiyasidagi kabi termodinamik jihatdan maqsadga muvofiq hisoblanmaydi. Bunda yuqori bosimlarda metan konversiyasini yuqori darajaga etkazish uchun jarayonni yuqori haroratlarda olib borish zarur bo‘ladi. Metanni suv bug‘ili va kislorodli konversiyalash jarayoni turli issiqlik effektlari bilan sodir bo‘ladi. Bug‘li konversiya endotermik hisoblanib, qizdirishni talab qilsa; kislorodli konversiyalash reaksiyasi ekzotermik bo‘lib, jarayonni nafaqat avtotermik tarzda borishi uchun etarli miqdorda issiqlik ajrab chiqishi bilan, balki bug‘li konversiyalashning endotermik reaksiyasini qoplash uchun zarur bo‘lgan issiqlik chiqishi bilan boradi. SHu sababli metan konversiyasini aralash oksidlovchilar bilan olib borish maqsadga muvofiq hisoblanadi.

Respublikamizda ikkita yirik tabiiy gazni qayta ishlash zavodlari va gazni kimyoviy qayta ishlash kompleksi mavjud. Muborak gazni qayta ishlash zavodda tabiiy gazlarni oltingugurt birikmalaridan (asosan H_2S dan) tozalovchi, gazlarni quyi haroratda sovutib suv va gaz kondensati tomchilaridan tozalovchi, nordon gazlardan oltingugurt ishlab chiqaruvchi, gaz kondensantini tindiruvchi texnologik qurilmalar ishlab turibdi. Oltingugurt ishlab chiqaruvchi qurilmani chiqindi gazlarni qayta ishlab, uning tarkibidagi H_2S gazidan qo‘shimcha miqdorda oltingugurt oluvchi “Sulferin” qurilmasi ishga tushishi bilan atmosferaga chiqib ketayotgan gazlarni tarkibi

tozalanadi. Shunday qilib, Muborak gazni qayta ishlovchi zavod xalq xo'jaligini tovar tabiiy gaz, toza oltingugurt va tindirilgan gaz kondensanti bilan ta'minlaydi.

Sho'rton gazni qayta ishlash zavodi asosan kam oltingugurtli tabiiy gazni qayta ishlashga mo'ljallangan. Bu zavodda tabiiy gazni sovitib quyi haroratda suv va gaz kondensat tomchilaridan tozalovchi; seolitlar va absorbentlar yordamida oltingugurt birikmalaridan (asosan H_2S) tozalovchi; nordon gazlardan oltingugurt ishlab chiqaruvchi; gaz kondensanti tindiruvchi; tabiiy gazdan quyi haroratda propan-butan fraksiyasini ajratib oluvchi texnologik qurilmalar ishlab turibdi.

Sho'rton gazni qayta ishlash zavodining yaqinida yangi zamonaviy gaz-kimyo kompleks ishlab turibdi. Bu kompleksni "ABB Lummus Global" kompaniyasi bilan hamkorlikda qurilgan. Bu kompleksda tabiiy gazni oltingugurtli birikmalardan (asosan H_2S gazidan) absorbentlar yordamida tozalovchi; tabiiy gazni sovitib quyi haroratda suv va gaz kondensati tomchilaridan tozalovchi; gazni metan, etan va propan - butan fraksiyalariga ajratuvchi; etan fraksiyasini piroliz qurilmasiga berilib, asosan etilen oluvchi; etilendan polietilen mahsulotlarini oluvchi qurilmalarni o'z ichiga olgan. Zavodning quvvati yiliga 125 ming tonna polietilen ishlab chiqarish mo'ljallangan bo'lib shundan 45 ming tonnasi qo'shni davlatlarga (asosan Qozog'iston, Qirg'iziston va Turkmaniston) sotilmoqda.

2.2. Metan va uglerod (II)-oksidini konversiyalash katalizatorlari

Metanni suv bug'i va uglerod (IV)-oksid bilan o'zaro ta'sirlashuv tezligi katalizator ishtirokisiz benihoyatda sekin boradi. Sanoat sharoitlarida katalizatorlarning ishtiroki nafaqat konversiyalash jarayonini tezligini sezilarli darajada ortishiga, balki $CH_4 \rightarrow C + 2H_2$ reaksiyasining borishini to'xtashiga sabab bo'ladi. Konversiyalash uchun qo'llaniladigan katalizatorlar bir-biridan faqat aktiv tarkibiy qismning miqdori bilan emas, balki turi va promotor va toshuvchilarning miqdori hamda tarkibi bilan ham farq qiladi.

Eng katta katalitik aktivlikni $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ toshuvchisiga yuttirilgan nikelli katalizatorlar namoyon qiladi. Metan konversiyasi uchun nikelli katalizatorlar tabletkalangan va ekstrudirovanlangan Rashiga xalqasi tarzida ishlab chiqariladi. GIAP-16 markali katalizatorning tarkibi: 25% NiO, 57% Al_2O_3 , 10% CaO, 8% MgO dan iborat bo'ladi.

Katalizatorlardan to'g'ri foydalanilganda ularning xizmat muddati 3 va undan ortiq yilga etadi. Nikelli katalizatorlar oltingugurtli birikmalarga nisbatan sezgir, katalizatorning azaharlanishi uning sirtida nikel sulfidlari hosil bo'lishi bilan tushuntiriladi. Katalizatorning oltingugurtli zaharlanishini regenerasiyalash uchun ma'lum haroratli sharoitlarda toza gaz berish orqali to'liq amalga oshiriladi. Ko'mirlangan katalizatorning aktivligi suv bug'i bilan ishlav berib, qayta tiklash mumkin.

Metan konversiyasi natijasida chiqqan gazlar tarkibida 11% va undan ortiq miqdorda CO bo'ladi. Tabiiy gaz konversiyasida vodorodning chiqish konsentrasiyasini oshirish uchun uglerod (II)-oksidning ikki bosqichli bug'li konversiyasi amalga oshiriladi. Birinchi bosqich $\text{Fe}_2\text{O}_3\cdot\text{Cr}_2\text{O}_3$ tarkibli o'rta haroratli katalizator (380-450°C, 2-3 MPa bosim) ishtirokida olib borilsa, ikkinchi bosqichda tarkibida Cu, Zn, Al ba'zida Cr tutgan quyi haroratli katalizatorlar ishtirokida olib boriladi. Bu katalizatorlarning xizmat muddati 2-5 yildan iborat, bu katalizatorlar uchun oltingugurt, xlor shuningdek to'yinmagan uglevodorodlar va ammiak katalitik zahar hisoblanadi. Boshlang'ich gazlar tarkibida vodorod sulfidning konsentrasiyasi 0,5 mg/m³ dan oshmasligi kerak.

“ГИАП-8” nikelli katalizator

Tsh 6.3-67:2009 (Kod TH ВЭД 381 511 0000)

Texnikaviy vodorod va turli texnologik gazlarni olish maqsadida me'yoriy bosim va 4 MPa bosimda



gazsimon uglevodorodlarning bug‘, bug‘-karbonat kislota va havo konversiyasi uchun mo‘ljallangan.

Ko‘rsatkichlar nomi	Markalar			
	«II-15»	«II-20»	«K-15»	«K-20»
Tashqi ko‘rinishi	Silindrlar		Halqalar	
	Kul rang yoki och kulrang g‘ovakli donalar			
Hajmiy zichligi, kg/dm ³	1,0÷1,3	0,9÷1,2	1,0÷1,3	0,8÷1,1
Deformasiyalangan donalarning massa ulushi, %, ko‘p emas	6	8	9	10
Maydalarining massa ulushi, %, ko‘p emas	2,0	2,0	3,0	3,0
Donalar o‘lchami, mm, kam emas	15,0±1,0	20,0±1,0	15,0±1,0	20,0±1,0
	15,0±1,0	20,0±1,0	15,0±1,0	20,0±1,0
-tashqi diametri-ichki diametri, kam emas	18	18	16	15
Issiqqa chidamliligi: donalarning 1200 °C dan havoda yemirilmasdan qorayguncha issiqlik almashinish soni, kam emas	20	20	20	15
Nikelning massa ulushi NiO ga qayta hisoblaganda, %	6,0÷10,0	6,7÷10,0	6,0÷10,0	6,0÷10,0

Oltingugurtning massa ulushi SO ₃ ga qayta hisoblaganda, %, ko'p emas	0,005	0,005	0,005	0,005
--	-------	-------	-------	-------

Xavfsizlik talablari: me'yoriy hujjatlarga muvofiq.

Joylash: toza, quruq, germetik berkitiladigan 50-100 dm³ sig'imli po'lat bochkalar, yoki 40 dm³ sig'imli metall flyagalarda.

Tashish: transportning barcha turlarida.

“OXK-02” uglerod (ii) oksidining o'rta haroratli konversiyasi katalizatori



KSt 6.3-105:2009 (Kod TH BЭД 381 590 9000)

“OXK-02” va “OXK-02Э” katalizatorlari 5 MPa gacha bosim ostida (320±350) haroratlarda uglerod oksidini suv bug'i bilan konversiyalash jarayoni uchun mo'ljallangan.

“OXK-02” katalizatorining sinov to'pini ishlab chiqarish 2006-yilda sinov-sanoat tajribalarini o'tkazish maqsadida sanoat reaktorini yuklash uchun amalga oshirilgan. Tsexning yillik quvvati 250 t/yil

Ko'rsatkichlarning nomlari	“OXK-2”	“OXK-02Э”
Tashqi ko'rinishi	silindr shaklidagi, jigar rang tabletkalar	silindr shaklidagi, jigar rang ekstrudatlar (chuvalchangsimon)
Tabletkalar o'lchami, mm		
diametri	6,0±0,2	5,0±1,2
- balandligi	6,5±0,5	5,0±20,0
Hajmiy zichligi, kg/dm ³	1,4±0,2	1,3±0,3

Mexanikaviy mustahkamligi - tabletkalarning yon tomonlarini ezganda yemirilish kuchi, MPa, kam oʻrtacha - minimal	2,5 1,2	2,5 1,5
(900±10)°C haroratda qizdirishda yoʻqotishning massa ulushi, %, koʻp emas	15	15
Temirning massa ulushi temir oksidi Fe ₂ O ₃ (III) ga qayta	85	85
Hisoblanganda, % , kam emas	6,2 ÷ 7,0	6,2 ÷ 7,0
Misning massa ulushi mis oksidi CuO (II) ga qayta hisoblanganda, %,	3,0 ÷ 5,0	3,0 ÷ 5,0
Oltingugurtning massa ulushi elementar oltingugurtga qayta hisoblanganda, %, koʻp emas	0,05	0,05
Natriyning massa ulushi natriy oksidi Na ₂ O ga qayta hisoblaganda, %, koʻp emas	0,15	0,15
T=350°C da konstanta boʻyicha reaksiya tezligining faolligi, sm ³ /gs, kam emas	1,2	1,2

Xavfsizlik talablari: meʼyoriy hujjatlarga muvofiq.

Joylash: toza, quruq, zich berkitiladigan idishga joylanadi.

Tashish: havo va dengiz transportidan tashqari transportning barcha turlarida.

“HTK-4Y” uglerod oksidi koversiyasining past haroratli katalizatori

Ts 00203068-38:2015 (Kod TH BЭД 381 519 9000)

Ammiak ishlab chiqarishda uglerod oksidini suv bug‘i bilan koversiyalashning katalitik jarayonini olib borish uchun mo‘ljallangan. Asosan metall oksidlaridan iborat, silindr donalari shaklida ishlab chiqariladi. Ammiak ishlab chiqarishda uglerod oksidini suv bug‘i bilan koversiyalashning katalitik jarayonini olib borish uchun mo‘ljallangan. Asosan metall oksidlaridan iborat, silindr donalari shaklida ishlab chiqariladi.



Ko‘rsatkichlar nomi	
Tashqi ko‘rinishi	Silindr shaklidagi qora rangli tabletkalar
O‘lchamlari, mm	
- diametri	6,0±1,0
- balandligi	5,0±1,0
Hajmiy zichligi, kg/dm ³	1,60±0,15
Mexanik zichligi: yon tomonlarni ezganda yemiruvchi kuch, MPa, kam emas	3,0
-o‘rtacha	1,5
-minimal	
900°C haroratda qizdirishda yo‘qotishlarning massa ulushi, %, ko‘p emas	13,0
Misning massa ulushi CuO ga qayta hisoblaganda, %	54,0±3,0

Xromning massa ulushi Cr_2O_3 ga qayta hisoblaganda, %	$14,0 \pm 1,5$
Ruxning massa ulushi ZnO ga qayta hisoblaganda, %	$11,0 \pm 1,5$
Alyuminiyning massa ulushi, Al_2O_3 ga qayta hisoblaganda, %	$19,5 \pm 2,0$

Xavfsizlik talablari: me'yoriy hujjatlarga muvofiq

Joylash: GOST 5044-79 bo'yicha turdagi metall, zich yopiladigan, quruq, 25, 50, 100 l sig'imli barabanlar yoki polietilen bochkalarga joylanadi.

Tashish: yopiq turdagi transportning barcha turlarida, ushbu transport turiga amal qiladigan yuklarni tashish qoidalariga muvofiq.

Ammiak sintezi katalizatori

Ts 00203068-31:2015 (Kod TH BЭД 381 590 9000)

Ammiak sintezi katalizatori 15 dan 55 MPa gacha bo'lgan bosimda, 400°C dan 600°C gacha bo'lgan haroratda ishlash uchun mo'ljallangan. Ikki markada: (oksidlangan) «CA-C» va (qayta tiklangan) «CA-CB» markalarida chiqariladi. «CA-CB» katalizatori «CA-C» katalizatorini azotli vodorod aralashmasi orqali qayta tiklash yo'li bilan ishlab chiqariladi.





“ГИАП-14” alyuminiy-xrom katalizatori

TSh 6.3-78:2011 (Kod TH BЭД 381 511 0000)

40 atmosferagacha bosim ostida tabiiy gazni bug‘-havo orqali konversiyalashda shaxta reaktorlari ikkinchi pog‘onasining yuqori qismiga yuklash uchun mo‘ljallangan. qo‘llashdan maqsad - yonish zonasini barqarorlashtirish va nikel katalizatorining pastki qatlamini keskin issiqlik zarbalaridan himoyalashdir. Katalizator korundga tushirilgan yirik g‘ovakli donadorlangan xrom oksidini ifoda etadi.

“ЧКГ-09” alyuminiy – nikel - molibdenli katalizator

KSt 6.3-112:2012 (Kod TH BЭД 381 519 9000)

“ЧКГ-09” katalizatori - ammiak ishlab chiqarishda uglevodorodlardan oltingugurtli birikmalarni gidrogenlash jarayonlari va ishlab chiqarishning o‘z ehtiyojlari uchun mo‘ljallangan. Katalizator qayta cho‘ktirilgan alyuminiy gidroksidi, ammoniy molibdat, nikel nitratdan iborat bo‘lib, yashil rangdagi ekstrudatlar ko‘rinishida chiqariladi.



“ЧПС-03”gazsimon yonilg‘ini oltingugurtdan tozalsh uchun (yutgich) katalizator

TSh 00203068-34:2015 (Kod TH BЭД 381 519 9000)

“ЧПС-03” yutgichni olish usuli - bu faollashgan rux oksidini magniy oksidi va yuzasi faollashgan moddalar bilan aralashtirish hamda keyinchalik quritgan holda pressda yutgich donalariga shakl berishdan iboratdir. “ЧПС-03” yutgichi “ГИАП-8” katalizatori ishlab chiqarishning amaldagi uskunalari ishlatilgan “ГИАП-10” ning (ruxli yutgichlar) katalizatorlaridan olingan rux oksididan ishlab chiqariladi. Yutgich

ammiak ishlab chiqarishning yirik agregatlarida tabiiy gazdagi oltingugurtning qoldiq konsentratsiyasi $0,5 \text{ mg/m}^3$ dan ko'p bo'lmagan miqdorgacha tozalashda vodorod sulfidni yutish uchun qo'llaniladi.

“TO-2” chiqindi gazlarni metanlash katalizatori

TSh 6.3-71:2009 (Kod TH BЭД 381 511 0000)

“TO-2” metanlashtiruvchi katalizator azot -vodorod aralashmasini uglerod oksidlaridan tozalash uchun mo'ljallangan.

2.4. Konversiya gazlari tarkibidan uglerod oksidlarini tozalash

Tabiiy gaz konversiyadan so'ng CO va CO₂ dan tozalash zarur. Konversiya gshazlari tarkibida 17-30% gacha uglerod (IV)-oksidi bor bo'ladi va undan gazlar aralashmasini tozalash uchun suyuq yutuvchi sorbentlar qo'llaniladi (suv, etanolamin, ishqorlar eritmasi). Bosim oshganda (2-3 MPa) CO₂ gazining suvda eruvchanligi oshadi va suvli tozalash usulidan foydalanadi. Bu usulning kamchiligi katta miqdorda elektr energiya sarflanadi va vodorodning ko'p qismi yo'qotiladi. Shuning uchun boshqa yutuvchi moddalar ishlatiladi.

Etanolaminli tozalash usulida gaz suvli mono- va dietanolaminli aralashmaga yutiladi va bunda CO₂ bog'lanadi.

CH₄ va CO ning bosim ostidagi ikki bosqichli konversiyasi quvvati 1360 t/sutka bo'lgan ammiak sanoatida qo'llaniladi.

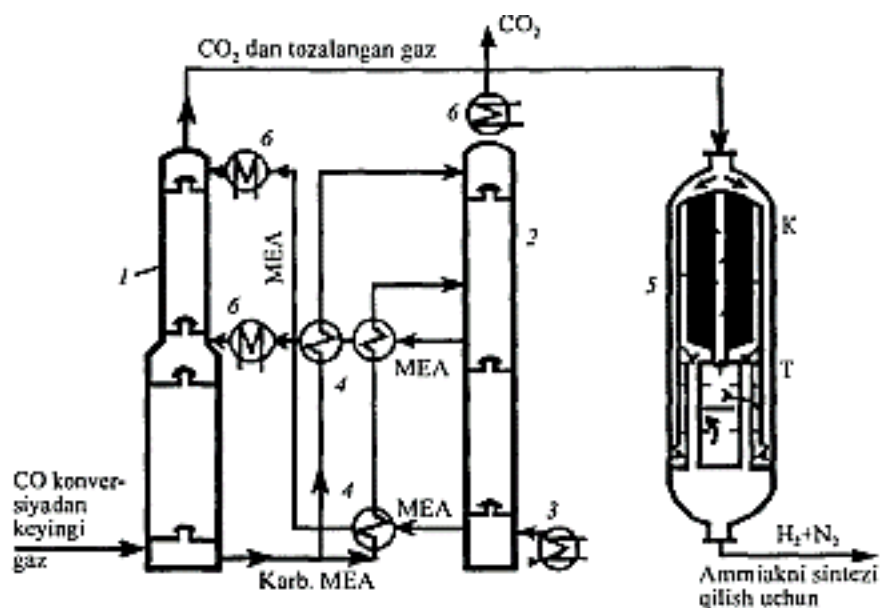
Konverilangan gaz tarkibida vodoroddan tashqari 17-18% CO₂ va 0,3-0,5% CO gazlari bo'ladi. Bu gazlar aralashmasi birinchidan - ammiakning sintez qilinishi uchun zarur bo'lsa, ikkinchisidan katalizator uchun zaharli (Fe(CO)₆ hosil qiladi) hisoblanadi. Uglerod (IV) oksidi monoetanolaminning NH₂CH₂CH₂OH (MEA-tozalash) 19-21% suvli eritmasi orqali absorbsiyalanadi:



CO₂ ning yutilishi (MFA eritmasining karbonizatsiyasi) qaytar jarayondir. Haroratning ko'tarilishi bilan muvozanat chapga suriladi, ya'ni sorbentning regeneratsiyalanishi mumkin bo'ladi. MEA-tozalashning texnologik sxemasi absorber va desorberlardan iborat ikki asosiy apparatni o'z ichiga oladi (...-rasm).

Toza MEA-eritma ustida CO₂ ning muvozanatga oid bosimi kam. shuning uchun gaz va suyuqlik qarama-qarshi oqim bilan beriladi. Absorber - ikki seksiyaga bo'lingan uchli (nasadkasimon) yoki tarelkasimon ko'rinishdagi vertikal gaz-suyuqlikli reaktor. Gaz avval adsorberning pastki seksiyatsidan o'tadi va bu yerda CO₂ gazi asosiy qismining yutilishi sodir bo'ladi. Ushbu seksiya regeneratsiyalangan eritma bilan to'liq sug'orilmaydi. Yaxshi (toza) regeneratsiyalangan MEA-eritma bilan sug'oriluvchi ustki seksiyada qayta tozalash jarayoni amalga oshirilib, gaz ko'pi bilan 0,03% (hajmiy) qoldiq miqdordagi CO₂ bilan chiqadi. Absorbsiya harorati ko'pi bilan 330K ni tashkil eladi.

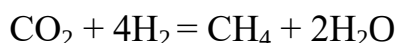
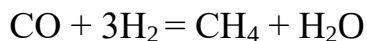
80-100 g/l karbonat kislotasidan iborat to'yingan eritma rekuperativ issiqlik almashtirgichlarda isiydi va uchta oqim ko'rinishida desorberga yo'naltiriladi. Desorbsiyalash uchun issiqlik bug'li qaynatgich orqali beriladi. Toza eritma desorberning pastki qismidan dag'al regeneratsiyalangan eritma esa kolonnaning o'rtasidan chiqarib olinadi. Ushbu oqimlar sovutilgach, absorberga yo'naltiriladi. Bunday «resikl bilan regeneratsiyalash» sxemasi aralashniyaning toza holda ajratilishiga hamda sorbentning to'xtovsiz sarflanishiga yo'l qo'ymaslik imkonini beradi (faqatgina yo'qotishlarning o'rmini to'ldirish uchun sarflanadi). Sof holdagi CO₂ dan (karbamid, qattiq karbonat kislota va b.) boshqa ishlab chiqarishlarda foydalaniladi.



...-rasm. CO₂ dan (MEA-tozalash) va CO dan (metanlash) tozalashning texnologik sxemasi

1-absorber, 2-desorber, 3-qaynatgich, 4-issiqlik almashurgich, 5-metanlash reaktori (K-katalizator, T-issiqlik almashtirgich), 6-sovitgichlar. MEA-monoetanolamin, MEA-to'liq regeneratsiyalanmagan MEA, Karb. MEA-karbonizatsiyalangan MEA

MEA eritmasi uglerod oksidini yutmaydi va chiqayotgan gaz tarkibida CO mavjud bo'ladi. Aralashma sifatida u ajratib olinmaydi, balki katalizator uchun zararsiz hamda ammiak sintez qilinishi jarayonida inert bo'lgan metanga aylantiriladi. Metanning teskari konversiyasi reaksiyasi bilan (metanlash), katalizator zahari sifatida CO faolsizlanadi. MEA-tozalash jarayonidan bo'lgan reaktorga yuboriladi (...-rasmda ko'rsatilgan). Bu yerda shuningdek CO₂ gidratsiyalanadi:



CO miqdori kam va adiabatik qizdirish bir necha o'n darajani tashkil etadi. Bu esa bir qavatli reaktordan foydalanishga imkon yaratadi. Ammiakning sintez qilinishi uchun kelayotgan, tozalangan sintez-gazda mavjud CO miqdori $20 \cdot 10^{-6}$ hajmiy

ulushdan oshmasligi lozim. Metanning umumiy miqdori sintez-gaz tarkibida 1% ga yaqinni tashkil etadi.

III BOB. AZOTLI MINERAL O'G'ITLAR SANOATI

3.1. Ammiak sintezi

Sanoat sharoitlarida azotni bog'lashning asosiy usuli ammiak sintezi bo'lib qolmoqda. Ammiak - kimyo sanoatida eng ko'p ishlab chiqariladigan mahsulotlardan biri, butun dunyoda u yiliga 70 mln. tonnadan ko'proq ishlab chiqariladi. Ammiakning o'zi cheklangan miqdorda va odatda suvdagi eritmalar holida (ammiakli suv-suyuq o'g'it sifatida, navshadil spirt tibbiyotda) ishlatiladi. Lekin ammiak, atmosfera azotidan farq qilib, birikish va almashinish reaksiyalariga ancha oson kirishadi. U azotga qaraganda oson oksidlanadi ham. Shu sababli ammiak ko'pchilik azotli moddalarni olishda boshlang'ich mahsulot sifatida ishlatiladi.

Ammiak sintezi quyidagi reaksiya bo'yicha chiqindi mahsulotlarsiz boradi:



Bu jarayon uchun xom-ashyo sifatida tabiiy gazni ikki bosqichli bug'li konversiyasi mahsulotlari olinadi:



Bu bosqichda ishlatiladigan havo kislorodi bilan havo azoti ham aralashmaga kiradi. So'ngra hosil bo'lgan uglerod (II)-oksid suv bug'i bilan reaksiyaga kirishadi:



Metanni suv bug'i bilan konversiyasining yig'indi reaksiyasi issiqlik yutilishi bilan boradi:



va hosil bo'lgan havo azot bilan 1:3 nisbatdagi aralashtirilib, tozalanib sintez minorasiga kiritiladi.

Vodorod koks gazining qayta ishlash natijasida ham hosil bo'ladi. Vodorod olishning sanoat usullaridan yana biri - osh tuzining suvli eritmasining elektrolizidir:



Azot–vodorod aralashmasidan ammiak olishda katalizatorlar ishlatiladi, shuning uchun gazning tozaligi juda yuqori bo‘lishi kerak. Masalan, katalizatorga berilayotgan tabiiy gazda (metanning konversiya jarayonida) 2 mg/m^3 dan kam miqdorda oltingugurt bo‘lishi kerak.

Ammiakning chiqishi ko‘p sabablarga bog‘liq: harorat, bosim, gazning katalizator bilan kontakt vaqti, aralashma tarkibi, katalizator faolligi, qurilma tuzilishi. Sanoatda bosim 10-100 MPa ushlab turiladi. Bosimga qarab quyi bosimli (10-15 MPa), o‘rta bosimli (25-60 MPa) va yuqori bosimli (60-100 MPa) jarayonlar qayd etiladi va o‘rta bosimli jarayon ko‘proq tarqalgan.

Hozirgi kunda sanoatda ammiakni uch navi ishlab chiqariladi (3.1.1-jadval).

3.1.1-jadval

Sanoatda ishlab chiqariladigan ammiak navlari

	Oliy nav	1-nav	2-nav
Ammiak, massa jihatdan %, kam emas	99,96	99,9	99,6
Namlilik, massa jihatdan %, kam emas	0,04	0,1	0,4
Temir, mg/l, kam emas	1	2	2
Moy, mg/l, kam emas	2	8	8

Jarayonning fizik kinetik asoslari. Azot va vodoroddan ammiak hosil bo‘lishi katalizator ishtirokida yuqori bosim va haroratda quyidagi tenglama bo‘yicha boradi:



Bu reaksiya qaytar bo‘lib, hajm kamayishi bilan (to‘rt hajm vodorod va azotdan ikki hajm ammiak olinadi) sodir bo‘ladi va katta miqdorda issiqlik ajraladi. Le-Shatele prinsipiga muvofiq bosimni oshirish va haroartni pasaytirish orqali muvozanatni ammiak hosil bo‘lish tomoniga siljitish mumkin. Bosimni oshirish va doimiy haroratda muvozanatini gazlar aralashmasida ammiakka nisbatan vodorod va azot miqdorini ortishiga sabab bo‘ladi. K_p konstantasidan foydalanish sodir bo‘ladigan

o'zgarishlarning darajasini aniqlash imkonini beradi. Ammiak sintezi uchun muvozanat konstantasi eksperimental aniqlanishicha quyidagi tenglamadan foydalanib topiladi:

$$K_p = \frac{p_{NH_3, e}}{p^{1/2}_{N_2, e} \cdot p^{3/2}_{H_2, e}}$$

Sanoat qurilmalarida azot-vodorod aralashmasida inert qo'shimchalar hisoblanuvchi, jarayonda ishtirok etmaydigan – metan va argon mavjud bo'ladi. Ular jarayonda ishtirok etmasada azot-vodorod aralashmasini suyultirishi sababli ammiakning muvozanat konsentrasiyasini (29,4 MPa bosim va 500°C haroratda) kamaytiradi:

Inert qo'shimchalar miqdori, %	0	5	10	20
<i>Ammiakning muvozanat konsentrasiyasi, %</i>	26,4	24,0	21,6	17,7

Ammiak sintezi issiqlik effekti jarayon harorati va bosimiga bog'liq bo'ladi. Quyida 500°C harorat va turli bosimlardagi issiqlik effekti qiymatlari keltirilgan.

Bosim, MPa	0,1	10	30	60	100
<i>Issiqlik effekti: kJ/mol</i>	49820	52040	55770	60960	68660
<i>kkal/mol</i>	11900	12430	13320	14560	16400

Ammiak sintezining asosiy texnologik jarayonlari. Katalizator sirtida boradigan gazsimon moddalar orasidagi har qanday reaksiya besh davomli bosqichdan iborat bo'ladi:

- 1) gazsimon ta'sirlashuvchi moddalarni katalizator sirtiga yutilishi;
- 2) katalizator ichki sirtiga adsorbsiyalanishi;
- 3) ichki sirtida xemosorbsiya;
- 4) reaksiya mahsulotlarini sirtdan desorbsiyasi;
- 5) reaksiya mahsulotlarini umumiy gazlar oqimiga qo'shilishi.

Geterojen-gaz katalitik reaksiyalarning ko'pchiligida adsorbsiya nisbatan katta energiya ajralishi bilan (1 g/mol adsorbsiyalangan gaz hisobiga 10 dan 100 kkal.gacha) tavsiflidir. Bunday adsorbsiya faol hisoblanadi.

Ko'rsatilgan bosqichlardan birining tezligi boshqalardan sekin borishi butun jarayonning umumiy tezligini belgilab beradi.

Ammiak sintezini tezligini izotermik sharoitda toza azot-vodorodning stexometrik aralashmasi 30 MPa va $425-525^\circ\text{C}$ da 25°C oralig'ida (alyuminiy va kaliy oksidlari bilan faollashtirilgan) kislorod alangasi usulida olingan temir katalizatorligida turli hajmiy tezliklarda o'rganilganda tezlik konstantalarining qiymatlari o'zaro yaqin bo'lgan.

Bizning respublikamizda dunyo amaliyotiga tayangan holda o'rta bosimli qurilmalardan foydalaniladi. Qo'llanilayotgan bosimdan qat'iy nazar foydalanilayotgan qurilma tarkibiga-turli filtrlar, bosim hosil qiluvchi turbokompressor, sintez kolonnasi, issiqlik almashtirgich, kondensasiyalovchi qurilma, azot-vodorod aralashmasidan suyuq ammiakni ajratib oluvchi seperatorlar, ta'sirlashmagan azot-vodorod aralashmasini sintez kolonnasiga qaytarish uchun sirkulyasion kompressor yoki ijektor kiradi. Qurilmaning asosiy agregati sintez kolonnasi hisoblanadi. U katalizator qutisidan va issiqlik almashtirgichdan (katalizatoridan o'tish hisobiga qizigan gazlar aralashmasi harorati hisobiga ta'sirlashuvchi azot-vodorod aralashmasini isitadigan) iborat bo'ladi.

Hozirgi kunda amalda ekspluatasiya qilinayotgan ammiak sintezi qurilmalarining quvvati 1360 t/sutkaga mo'jallangan.

Azot-vodorod aralashmasining bir qismigina katalizatoridan o'tgandan keyin ammiakka aylanadi (bunda ammiak $14-20\%$ tashkil qiladi). Kontakt qurilmadan chiqayotgan gaz aralashmasidan ammiak kondensasiyalanib ajratiladi, reaksiyaga kirishmagan azot-vodorod aralashmasi kompressor yordamida yana kontakt qurilmaiga yuboriladi. Bu aralashmaga hosil bo'lgan ammiak miqdoriga yangi azot - vodorod aralashma qo'shiladi.

Ammiak sintezi texnologik jarayonning eng muhim qurilma sintez minorasidir. U

mustahkam, havfsiz bo‘lib, uzoq vaqt ishlashi lozim. Minoraning tanasi xrom va vanadiy tutgan po‘latdan yasaladi. Ichki tuzilishi - nayli kontakt qurilma qo‘sh issiqlik almashinish naylar bilan ta‘minlangan.

Minora silindr shaklida bo‘lib, devor qalinligi 176-200 mm, balandligi 12-20 m, ichki diametri 1,0-2,8 m.dir. Minora vertikal o‘rnatiladi. Tepasi va tagida po‘lat qopqoqlari bor. Minora issiqlikni ushlab turadigan sirtqi izolyasiya qatlami bilan o‘ralgan. Azot-vodorod aralashmasi minoraga pastki tomonidan tepaga qarab devorlari va katalizator qutisi orasidagi oraliqqa yo‘naltiriladi. So‘ngra markaziy nay orqali katalizator qutichasiga, keyin issiqlik almashinuvchi naylaridan o‘tib, minora tagidan chiqib ketadi. Zamonaviy ammiak sintezi minoralari bir kecha-kunduzda 1360 tonna ammiak ishlab chiqaradi.

3.2. Nitrat kislota sintezi

Nitrat kislota - kuchli oksidlovchidir. Platina, rodiiy, iridiy, oltindan tashqari hamma metallar konsentrlangan nitrat kislota ta‘sirida oksidlarga aylanadi.

Temir suyultirilgan nitrat kislota yaxshi eriydi, konsentrlangan kislota esa uning yuzasida yupqa, lekin quyuq qatlam - temir oksid hosil qiladi va bu qatlam temirni keyinchalik emirilishidan saqlaydi. Konsentrlangan nitrat kislota po‘lat sisternalarda tashiladi.

Ko‘p organik birikmalar konsentrlangan nitrat kislota ta‘sirida parchalanadi, ba‘zi birlari alanganadi. Sanoatda chiqarilayotgan nitrat kislota ikki navli bo‘ladi:

birinchi nav - suyultirgan kislota bo‘lib, tarkibida 50-60% nitrat kislota ;

ikkinchi nav - konsentrlangan (96-98%) nitrat kislota tutadi.

Nitrat kislota sanoat va qishloq xo‘jaligida keng foydalaniladi. Ishlab chiqarilgan kislota 40%igacha yaqini azotli mineral o‘g‘itlar olish uchun sarfdansa, qolgan qismidan sintetik bo‘yoqlar, nitrolaklar, portlovchi moddalar, plastmassalar, dorivor vositalar va ko‘pgina boshqa muhim birikmalar olinadi.

Suyultirilgan nitrat kislotaning ishlab chiqarish quyidagi reaksiyalar asosida boradi:

1) Ammiakni azot (II)- oksidigacha kontaktli oksidlash:



2) Azot (II)- oksidni azot(IV)-oksidgacha oksidlash:



3) Azot (IV)-oksidni suvga yuttirish:



Birinchi bosqich reaksiyasida ammiakning havo kislorodi bilan oksidlanish darajasi 98% ni tashkil qiladi.

Sanoatda nitrat kislota ishlab chiqarish uchun xom ashyo sifatida ammiak, havo va suvdan foydalaniladi.

Sintetik ammiak ma'lum darajada katalizator changlari, surkov moylari(porshenli kompressor bilan siqishda o'tadi) bilan ifloslanadi. Toza ammiak olish uchun bug'latish stansiyalari va suyuq ammiakni distillash qurilmalaridan foydalaniladi. Keyingi tozalash ishlari chichevisesimon elementlardan iborat qog'oz filtrlarda amalga oshiriladi.

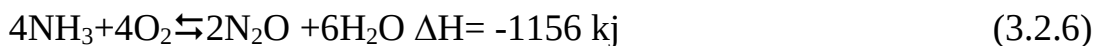
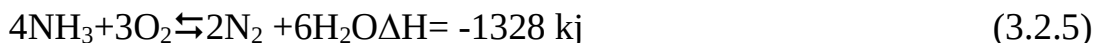
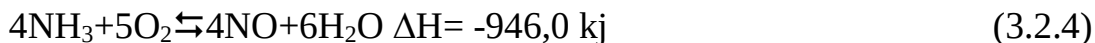
Atmosfera havosi ishlab chiqarish korxonasi yaqinidan surish yo'li bilan olinadi. Bu havo changlar va turli gazsimon birikmalar bilan ifloslangan bo'ladi. Ular ammiakni konversiyalashda katalizatorlarni zaharlashi mumkin. SHu sababli ulardan havoni tozalash uchun suv bilan boyitilgan skrubrlardan foydalaniladi. So'ngra ikki bosqichli filtrlashdan o'tkaziladi.

Texnologik ehtiyoj uchun qo'llaniladigan suv turli mexanik aralashmalardan va kimyoviy moddalardan maxsus usullarda tozalanadi. Refaol nitrat kislotasini olish uchun ehtimoli bo'lgan qo'shimchalardan tozalangan bug'li kondensatdan foydalaniladi.

Ammiakni katalizator ishtrokisiz oksidlanganda faqat azotgina hosil bo'ladi.

Katalizator ishtirokida ammiak va havo kislorodi o'rtasida qator parallel

reaksiyalar sodir bo'ladi:



Bu reaksiyalar bilan bir paytda qo'shimcha reaksiyalar (parallel va oraliq) ham sodir bo'ladi:



Keltirilgan reaksiyalar yig'ma reaksiya tenglamalari bo'lib, ammiak konversiyasi jarayonini va aniq jarayon mexanizmini to'la aks ettira olmaydi.

Ammiakni oksidlashda qo'llaniladigan katalizatorlar benihoyat darajada selektivlik xususiyatiga ega bo'lmog'i lozim, ya'ni bir necha qator borishishi mumkin bo'lgan reaksiyalar ichidan aynan 3.2.4-reaksiya ammiakni azot (II)-oksidgacha oksidlanishini tezlashtirishi lozim. Bu jarayon uchun nisbatan selektivlik va faollik xossasiga platinali kontakt massa, tarkibi platinani rodilyli qotishmasi mos keladi.

Ammiakni oksidlash jarayoni ko'p bosqichli tashqi diffuzion sohada boruvchi va katalizator sirtida ammiakni diffuziyalanishi ustunlikka ega bo'lgan geterogen-katalitik jarayon hisoblanadi.

3.2.4-reaksiya bo'yicha ammiakni katalitik oksidlanish tezligi juda tez bo'lib, sekundning o'n mingdan ulushlari ichida ammiakning 97-98 %i atmosfera bosimida va 95-96%i 0,88-0,98 MPa bosimda azot (II)-oksidga aylanib bo'ladi. Biroq azot (II)-oksidning chiqish unumi texnologik parametrlarga (harorat, bosim, gazlarni oqim tezligi, ammiak-havo aralashmasidagi ammiakning miqdori, katalizator to'rining soni va boshqa omillar) bog'liq ravishda ayni bir katalizatorning o'zida turlicha bo'lishi mumkin.

Platinaning boshqa katalizator turlariga nisbatan faolligi va selektivligi jihatdan ustunligi 1902-yilda Ostvald tomonidan aniqlangan. Ammiakni oksidlanish

reaksiyasiga ko'pgina metallar va ularning qotishmalari yuqori faollikni namoyon qiladi, biroq ularning ozginasigina NO ni yuqori chiqishini (90%dan yuqori) ta'minlay oladi.

Yuqori faollik va selektivlikka ega bo'lgan holda platina quyi yonish harorotiga $\approx 200^{\circ}\text{C}$, yaxshi plastiklik va cho'zilanuvchan xosasiga ega. Platinaning kamchiligi uni yuqori harorat va gazlar oqimi ta'sirida tez emirilishi, hamda oson zaharlanishidir.

Ammiakni oksidlash uchun ko'pgina sanoat sinovlaridan so'ng tarkibi: atmosfera bosimida ishlaydigan texnologik sxema uchun platinaga 4% Pd va 3,5% Rh qo'shilgan, yuqori bismda ishlaydigan texnologik sxema uchun platinaga 7,5% Rh qo'shilgan kontakt massadan foydalaniladi. Katalizatorlardan unumli foydalanish maqsadida to'r tarzidagi kontakt massa tayyorlanadi. Katalizatoridan bunday shaklda foydalanish eksplatasiyada oddiy va qulay bo'lib, metall sarfini minimallashtirishga olib keladi. To'r simlarining diametri 0,09 mm.ni, yachayka tomonlarining o'lchami 0,22 mm.ni, 1sm uzunlikdagi yachaykalar soni 32 tani va 1sm³ dagi yachaykalar soni 1024 tani tashkil etadi.

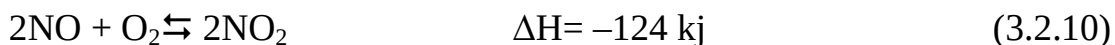
Platinorodiyli (GIAP-1) va platinorodiypalladiyli (qotishma №5) katalizatorlar ammak va havo tarkibidagi qo'shimchalar ta'siriga juda sezgir bo'ladi. Platina katalizatori gaz aralashmasidagi chang, moy, oltingugurt va boshqa moddalarga sezgir bo'lib, ular ta'sirida tez zaharlanadi. Bunday qo'shimchalarga fosfor va mishyak gidridlari, ftor va uning birikmalari, dixloreten, mineral moylar, asetilen, SO₂, H₂S va boshqalar kiradi. SHuning uchun gazni yaxshilab tozalash zarur bo'ladi.

Platinali katalizator juda qimmat bo'lgani uchun arzonlarini topish maqsadga muvofiq hisoblanadi. Bunday katalizator temir-xromli katalizatorlar hisoblanadi. Ular donachalar shaklida platina to'ridan keyin solinadi. Ammiak-havo aralashmasi ko'proq vaqt katalizator bilan kontaktda bo'lish uchun kontakt to'rlardan bir nechitasi (3-18 tagacha) kerak bo'ladi. Ammiakni oksidlanish jarayonida platinali katalizator to'ri kuchli mo'rtlashadi va buning natijasida to'r sirti taxminan 30 barobar ortadi. Amaliyotda katalizator to'rining ishlash muddati atmosfera bosimi uchun 14 oygacha,

0,73 MPa bosim uchun 8-9 oygacha bo‘ladi.

Katalizator to‘rlari issiqlik akkumulyatorlari vazifasini bajaruvchi kolonkalarga o‘rnatiladi. Konvertor tiklovchi-qozonning yuqori qismga o‘rnatilgan. Uning sutkalik quvvati 48-50 tonna HNO₃ tashkil qiladi.

Havo bosimida ishlaydigan moslamalarda gazning harorati 700-800°C tutiladi. Ammiakni oksidlash natijasida hosil bo‘lgan nitroza gazlari tarkibida azot (II)-oksididan tashqari azot, kislorod va suv bug‘larini tutadi. Nitroza gazlarini qayta ishlab uning tarkibidagi azot (II)-oksidni azot (IV)-oksidga oksidlab nitrat kislotasi ishlab chiqarish zarur. Oksidlash reaksiyasi qaytar, hajm kamayishi va reaksiya ekzotermik bo‘lganligi tufayli issiqlik ajralishi bilan boradi:



Hosil bo‘lgan azot (IV)-oksid kislotada eriydi va uni sariq yoki qizil rangga bo‘yaydi. Suv bilan gidridlar hosil qiladi:



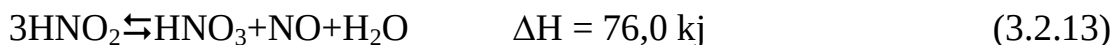
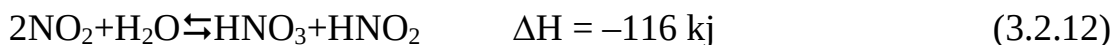
Atmosfera bosimidan yuqoridan ammiak-havo aralashmasini berish Le-Shatele prinsipiga muvofiq haroratning kamayishi va bosimning ortishi reaksiya muvozanatini o‘ng tomonga, ya’ni NO₂ hosil bo‘lish tomonga siljishiga sabab bo‘ladi.

Jarayon 100°C haroratda NO₂ hosil bo‘lish bilan to‘liq sodir bo‘ladi. Harorat o‘sib borgan sari mahsulot miqdori kamayib boradi va 700°C dan oshganda azot (IV)-oksid hosil bo‘lmaydi. Shu sabali kontakt qurilmaidan chiqayotgan nitroza gazlarni 100°C gacha sovitish zarur bo‘ladi.

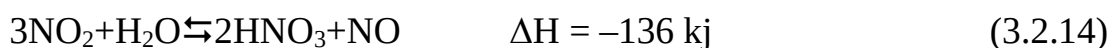
Azot (II)-oksidini oksidlanish jarayoni nitrat kismlota sanoatining eng sekin boruvchi bosqichi hisoblanadi. Oksidlanish reaksiyasining tezligi reagentlar konsentrasiyasiga, bosimga va haroratga kuchli bog‘liq bo‘ladi. Nitrat kislotasi ishlab chiqarishda kislorod bilan boyitilgan havo yoki toza kisloroddan foydalanish azot (II)-ni azot (IV)-ga aylanishini keskin ortishiga olib keladi.

Atmosfera bosimida ishlaydigan qurilmalarda azot oksidlarining taxminan 92%i oksidlanadi, qolgan NO ni (NO₂ bilan birgalikda) ishqorga yuttiriladi.

NO dan boshqa barcha azot oksidlari suv bilan ta'sirlashib kislota hosil qiladi. Azot oksidlarining suvga yutilishi unda NO₂, N₂O₄, N₂O₃ larni erishi va nitrit va nitrat kislotalarni hosil qilishi bilan bog'liq. Nitrit kislotasi beqaror bo'lganligi tufayli nitrat kislotaga, azot (II)-oksidiga va suvga parchalanadi. Absorbsiya ushbu sxema bo'yicha sodir bo'ladi:



bilan ta'sirlashuvini yig'ma tarzda quyidagicha yozish mumkin:



bu absorbsiya jarayonining barcha hisoblari uchun boshlang'ich hisoblanadi. NO₂ ni nitrat kislotasining suvli eritmasiga yutilish darajasi haroratga, bosimga va kislotaning konsentrsiyasi kabi omillarga bog'liq bo'ladi. Haroratni va kislota konsentrsiyasini pasayishi, bosimni ortishi bilan NO₂ ni yutilishi tezlashadi. Konsentrsiya 65%ga etishi bilan yutilish to'xtaydi.

1976-yillarda quvvati 380 ming t/yil bo'lgan yuqori haroratli chiquvchi gazlarni katalitik tozalanadigan, 60% li HNO₃ navli mahsulot beruvchi AK-72 qurilmasi ishga tushurildi. Qurilma yopiq energotexnologik halqada ikki bosqichli ammiak konversiyasi va 0,42-0,47 MPa bosimda sovutilgan nitroza gazlari va 1,1-1,26 MPa bosimda azot oksidlarini absorbsiyalanishi bilan ishlaydi.

3.3. MUHUM AZOTLI O'G'ITLAR ISHLAB CHIQARISH

3.3.1. Ammoniy sulfat sintezi

Ammoniy sulfat (NH₄)₂SO₄ - rangsiz kristall modda (zichligi 1769 kg/m³) bo'lib, uning tarkibida 21,21% azot bo'ladi. Suvda yaxshi eriydi. 20°C da 43,0% li eritma hosil qiladi. Ammoniy sulfatning ammiakli suvda eruvchanligi yuqori bo'lganligi sababli undan qishloq xo'jaligida suyuq azotli o'g'it sifatida keng foydalaniladi. 350°C dan

yuqori haroratda qizdirilganda ammiak va sulfat kislotaga parchalanadi. 100°C da nordon tuz hosil qilish bilan dissotsiylanish boshlanadi; (NH₄)₂SO₄ ustidagi NH₃ ning bosimi 205°C haroratda 0,067 KPa ni, 300°C da 6,772 KPa ni tashkil etadi. Ammoniy sulfat suvda yaxshi eriydi. U kristallogidratlar hosil qilmaydi va uning eruvchanligi harorat ortishi bilan sezilarli o'zgarmaydi. Ammoniy sulfat gigroskopikligi va yopishqoqligi kam bo'lgan o'g'it hisoblanib, uni ishlatishda qiyinchilik tug'dirmaydi.

Kamchiligi – o'g'itning tarkibida azot miqdorining ozligi va fiziologik kislotaliligining yuqoriligi hisoblanadi. Uning qo'llanilishi natijasida tuproqda sulfat kislotasining to'planishi tufayli uni neytrallash uchun davriy ravishda ohaklash zarurati kelib chiqadi.

Sanoatda ammoniy sulfat ishlab chiqarish usulining asosini sulfat kislotasini ammiak bilan neytrallash tashkil etadi. Bu maqsadda toshko'mirni kokslash jarayonida hosil bo'ladigan gazlar aralashmasidan ajratib olingan ammiak gazi ishlatiladi. Koks gazini ammiak (va shu bilan bir vaqtda piridin asoslari) dan tozalash jarayoni ammoniy sulfat ishlab chiqarish bilan bog'langan. Sintetik ammiakdan esa boshqa turdagi yuqori kontsentratsiyali azotli o'g'itlar: ammiakli selitra, karbamid ishlab chiqarishda foydalaniladi. Chet ellarda, qisman ammoniy sulfat, gipsni ammoniy karbonat eritmasi bilan qayta ishlash natijasida konversiyalab ishlab chiqariladi. Bundan tashqari kaprolaktam ishlab chikarish jarayonida hosil bo'ladigan oqava suvlardan ham ammoniy sulfat ishlab chiqarish usullari ham mavjuddir.

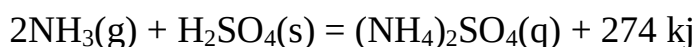
Ammoniy sulfat donadorlangan yoki kristall holatda ishlab chikariladi va belgilangan Davlat standartlari talablariga javob berishi lozim (... – jadval). Ammoniy sulfat qog'oz yoki polietilen qoplarda yoki vagonlarda tashiladi.

... – jadval

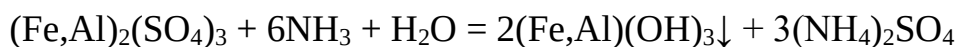
Ko'rsatkichlari	Oliy nav	1-nav
Azot (quruq modda hisobida), kam emas	21	21

Suv, ko'p emas:		
-donadorlangan mahsulotda	0,6	-
-kristall mahsulotda	0,2	0,3
Sulfat kislota, ko'p emas		
-donadorlangan mahsulotda	0,5	-
-kristall mahsulotda	0,03	0,05
Dispersligi, ko'p emas		
-donadorlangan (1-4 mm)	90	-
-kristall (Q 0,5 mm)	60	belgilanmagan

Ammoniy sulfat ishlab chiqarishning fizik-kimyoviy asoslari. Sulfat kislotasini gaz holatidagi ammiak bilan neytrallash quyidagi reaksiyaga asoslangan:



Bunda ko'p miqdordagi issiqlik ajralib chiqadi. Hosil bo'lgan issiqlik (saturator jarayonidagi) va tashqaridan gazlar bilan kiradigan issiqlik (saturatsiz jarayonidagi) birgalikda tizimdagi suvni bug'lanishiga sarf bo'ladi va eritmaning to'yinishi hisobiga kristall holatdagi mahsulot hosil bo'ladi. Qaynoq holdagi reaksiyada o'rta tuz eritmasidan mahsulotni kristallantirishni ta'minlashi muhim ahamiyatga ega. Sulfat kislotasidagi qo'shimchalar, ayniqsa, temir va alyuminiy sulfatlari ammoniy sulfatning kristallanishin qiyinlashtiradi. Kislotani neytrallash paytida kolloid holatda temir va alyuminiy gidroksidlari cho'kadi:



Bunda ammoniy sulfat kristallarining o'sishi qiyinlashadi. SHu maqsadda neytrallash jarayonini davriy reaktorlarda bosqichli o'tkazish maqsadga muvofiqdir.

Koks gazi ammiakidan ammoniy sulfat ishlab chiqarish. Koks gazi tarkibida 6-14 g/m³ gacha ammiak bo'ladi. Uni uch xil: bilvosita, bevosita va yarim bevosita usullar bilan ammoniy sulfatga aylantirilishi mumkin.

Bilvosita usulda koks gazi sovutiladi, bunda undan smola kondensatlanadi va ammiak bilan to‘yingan smola ustki suvi hosil bo‘ladi. Koks gazi tarkibida qolgan ammiak esa ammiakli skrubberlarda suvga yuttiriladi. Hosil qilingan ammiakli suv va smola uski suvidan distillyatsiya kolonnalarida ammiak ajratib olinadi va uni sulfat kislotasiga yuttiriladi. Bu usulda katta hajmdagi jihozlar va ko‘p miqdordagi energiya talab etiladi.

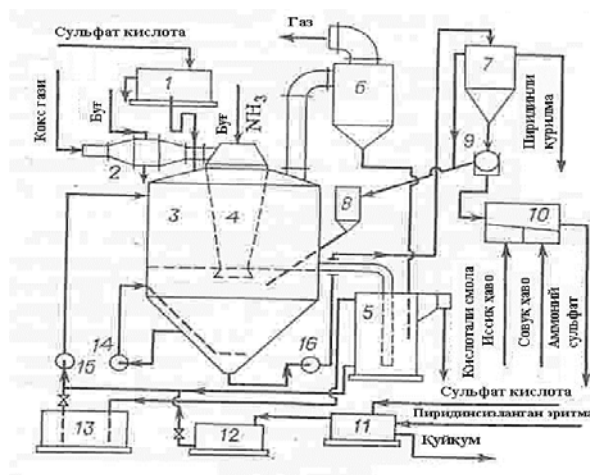
Belvosita usul bo‘yicha ammiak gazining sulfat kislotasi eritmasida yutilishi hisobiga ammoniy sulfat hosil qilish bilan oldindan 68°C gacha sovutilgan va elektrofiltrlarda smoladan tozalangan koks gazini doimiy yuborish orqali amalga oshiriladi.

Iqtisodiy jihatdan maqbul va keng tarqalgan usul bu *yarim bevosita usuldir*. Bunda koks gazidagi smolani kondensatlash uchun 25-30°C gacha sovutiladi. Kondensat ikki qatlamga ajratiladi: quyi qatlamda smola va yuqori qatlamda smola ustki suvi bo‘lib, unda gaz tarkibidagi bir qism ammiak erigan bo‘ladi. Smola ustki suvini distillyatsiya kolonnasida ohakli suv bilan ishlanadi va hosil qilingan ammiak gazi elektrofiltrlarda smoladan tozalangan koks gazi bilan birgalikda sulfat kislotasiga yuttirish uchun yuboriladi.

Koks gazidagi ammiakni yuttirish barbotaj turidagi saturatorlarda (saturatorli usulda) yoki skrubberlarda (saturatorsiz usulda) amalga oshirilishi mumkin. Saturatorli usulda koks gazidagi ammiakning yuttirilishi va ammoniy sulfatning kristallantirishlari birgina jihoz – saturatorda amalga oshiriladi. Bu texnologik rejimni tanlash imkoniyatini chegaralaydi, ya‘ni bir vaqtda ikkala jarayon (yuttirish va kristallantirish) uchun bir xil qulay sharoit: ammiakning maksimal yutilishi va ammoniy sulfat kristallarini ajratib olish uchun yirik kristallar hosil bo‘lishini ta‘minlovchi parametrlarni belgilashni ko‘rsatadi.

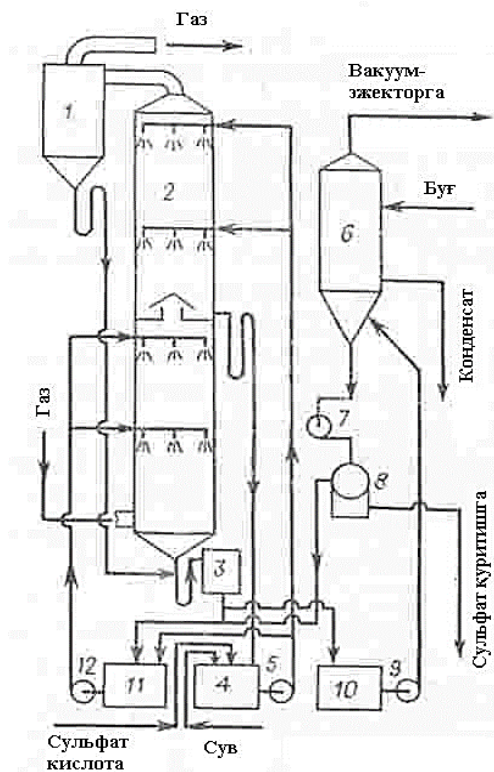
Ko‘pgina zavodlarda qo‘llanilayotgan saturatorsiz usul bo‘yicha yuqoridagi jarayonlar alohida-alohida: ammiakni yuttirish saturatorlarda, ammoniy sulfatni kristallantirish esa kristalizatorlarda amalga oshiriladi.

... – rasmda ammoniy sulfat ishlab chiqarishning saturatorli usuliga asoslangan tasvir keltirilgan.



... – rasm. Ammoniy sulfat ishlab chiqarishning saturatorli usuli tasviri
 1-sulfat kislotasi uchun bak; 2-koks gazi uchun qizdirgich; 3-saturator; 4-barbotyor;
 5-aylanuvchi eritma uchun bak; 6-kislota tutgich; 7-kristall yig‘gich; 8-eritma
 yig‘gich; 9-tsentrifuga; 10-«qaynovchi qatlam» li quritgich; 11-piridinsizlantirilgan
 eritma uchun rezervuar; 12-kislotali eritma uchun yig‘gich; 13-eritma uchun
 rezervuar; 14-,15-markazdan qochma nasoslar.

... – rasmda ammoniy sulfat ishlab chiqarishning vakuum-bug‘latgich bilan saturatorsizli usulga asoslangan tasvir keltirilgan.



... – rasm. Ammoniy sulfat ishlab chiqarishning vakuum-bug‘latgich bilan saturatorsizli usulining tasviri:

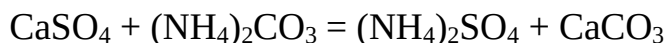
1-sachragan tomchi yig‘gich; 2-skrubber; 3-smola ajratgich; 4-,10-,11-yig‘gichlar; 6-bug‘latgich jihozi; 8-tsentrifuga.

1 t ammoniy sulfat olish uchun 0,73-0,75 t sulfat kislotasi (100% li), 0,26-0,27 t ammiak (30-35 ming m³ koks gazi tarkibida bo‘ladi), 100-108 Mj elektroenergiya, 8 m³ suv va 2,7-6 t bug‘ sarf bo‘ladi.

Texnologik tasvirdagi kristallizator va tsentrifuga o‘rniga donadorlagichdan foydalanish orqali 40-45% li eritmadan donadorlangan ammoniy sulfat olish imkoniyatlari ham mavjud.

Gipsdan ammoniy sulfat olish. Sulfat kislotasi sarflamasdan, tabiiy gips yoki ekstraksiyon fosfat kislotasi ishlab chiqarish chiqindisi - fosfogipsdan ammoniy sulfat olish ham mumkin. Gipsni ammoniy sulfatga konvertsiyasi 50-55°C haroratda 32-33%

li ammoniy karbonat eritmasi bilan suyuqlik usuli deb ataladigan quyidagi reaksiya yordamida amalga oshirilishi mumkin:

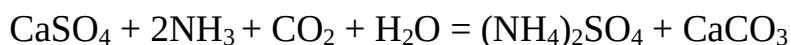


Bu reaksiya kaltsiy karbonatning eruvchanligi kaltsiy sulfatning eruvchanligidan kamligi hisobiga amalga oshadi.

CaCO_3 choʻkmasi ajratilgandan soʻng [1 t $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ hisobiga ~760 kg] 40% li ammoniy sulfat eritmasini bugʻlatish va kristallantirish orqali qattiq mahsulotga aylantiriladi.

1 tonna ammoniy sulfat olish uchun: 1,13 t gips, 0,74 ammoniy karbonat, 1,4 t bugʻ, 225 m³ suv, 65 kvt/soat elektroenergiya, 71,5 kg shartli yoqilgʻi sarf boʻladi.

Gipsdan ammoniy sulfat olishni ammoniy karbonat oʻrniga ammiak va karbonat angidrid gazlaridan foydalanish orqali ham amalga oshirilishi mumkin (gazli usul):

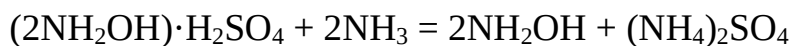


Lekin bu usulda hosil boʻladigan CaCO_3 kristallari mayda, ignasimon boʻlib, uni filtrlashda qiyinchiliklar kelib chiqadi. Shuning uchun konversiya jarayonini uzoq vaqt oʻtkazish talab etiladi. Bundan tashqari reaksiya issiqligini yoʻqotish maqsadida reaktor ichiga sovutgich oʻrnatish va yutilmagan gazni sulfat kislotasi eritmasidan oʻtkazish talab qilinadi.

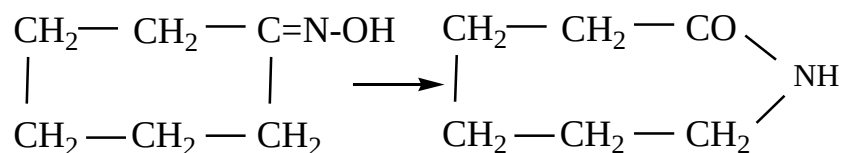
Kaprolaktam chiqindisidan ammoniy sulfat olish. Poliamid – kapron tayyorlash uchun ishlab chiqariladigan kaprolaktam olishdagi tugallanuvchi bosqich benzol va

fenoldan olinadigan oraliq mahsulot – tsiklogeksanon $\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CO} \\ | \qquad \qquad | \\ \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 \end{array}$ ni gidrooksidaminosulfat – $(2\text{NH}_2\text{OH}) \cdot \text{H}_2\text{SO}_4$ bilan oksimirlashdan iborat.

Gidroksiaminosulfatning ortiqcha miqdori ammiak taʼsirida parchalanadi:



Hosil boʻlgan tsiklogeksanoksim suvli eritmadan ajratib olinib, kontsentrangan sulfat kislota (oleum) da ishlov beriladi. Natijada kaprolaktamga izomerlanadi:



Izomerlanish jarayoni tugagach, sulfat kislotani ammiak bilan neytrallanadi. Laktam moyi va sulfatli aralashma ajratiladi. Oksimirlash va neytrallash natijasida 25-43% $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 1-3% NH_4NO_3 va 0,1-0,5% organik moddalar eritmasi olinadi. Bu eritmalar esa ishlab chiqarish chiqindisi hisoblanadi. Uni bug‘latish va kristallantirish orqali ammoniy sulfat olinadi. Toza kristall holatidagi mahsulot (*organik moddalar qo‘shilmalari rangisiz*) to‘yinmagan holda sekin kristallantirish orqali olinadi. 34% li bunday eritmadan 1 t $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ olish uchun 2,3-2,5 Mj bug‘, 24-30 kvт/soat elektroenergiya va 56 m³ suv sarflanadi.

3.3.2.Ammikali selitra sanoati

Azotli o'g'itlardan ammoniy nitrat tuzi ko'p miqdorda mineral o'g'it sifatida ishlatiladi. Ammoniyli o'g'it tarkibida 35% azot bo'ladi, ya'ni azotli boshqa o'g'itlardagiga qaraganda ko'p azot bo'lgan konsentrlangan o'g'itdir. Ana shunday o'g'it tayyorlash uchun ammiak bilan nitrat kislota kerak bo'ladi.

Ammoniy nitrat qishloq xo‘jaligida o‘g‘it sifatida ishlatilishidan tashqari, qora porox ishlab chiqarishda, ammonit, ammonat va boshqa portlovchi moddalar olishda qo‘llaniladi.

Ammoniy nitrat atmosfera bosim ostida 50°C dan suyuqlanish harorati 169°C oralig'ida bir-biridan solishtirma hajmi va boshqa xossalari bilan farq qiluvchi 5 ta kristallik shakliga ega. Ammoniy nitrat bir kristall holatidan ikkinchi kristall holatiga o'tishda issiqlik ajrilishi yoki yutilishi mumkin.

Kub kristali holati 169,6-125,8°C, tetragonal kristali holati 25,8-84,2°C, rombik holati 84,2-32,2°C, rombik holati 32,2(±16,9) °C, tetragonal holati 16,9°C dan past, ammoniy nitrat suvda juda yaxshi eriydi. Masalan, 100°C haroratda 1 kg suvda 10 kg

selitra eriydi. 110°C haroratdan yuqori isitilganda ammoniy nitrat ammiak va nitrat kislataga parchalanadi:



200–270°C gacha isitilganda parchalanish quyidagicha boradi:



Ammoniy selitrasi oldin ammiak sintez qilgunga qadar nitratli tuzlardan olinar edi. Ammiak sintez qilingandan so‘ng, ammiak va nitrat kislotadan olina boshlandi.



Ammoniy nitratni olish nitrat kislotasini ammiak bilan neytrallanish reaksiyasiga asoslangan. Nitrat kislotasining neyrallanish jarayonida ammoniy nitrat hosil bo‘ladi. Keyinchalik bu eritmani bug‘latib, kristall holatidagi ma’sulot olinadi. Bug‘latish jarayonida neytrallanishda ajralib chiqqan issiqlik ishlatiladi. Reaksiya natijasida ajralib chiqayotgan issiqlik miqdori daslabki nitrat kislotaning konsentrasiyasiga bog‘liq. Kislotaning konsentrasiyasi kam bo‘lsa shuncha kam issiqlik ajralib chiqadi.

Ammoniy nitrat yuqori darajada gigraskoplikka ega. Bu esa donalarni bir-biriga yopishib qolishiga olib keladi. Gigraskopik to‘yingan tuz eritmasidagi suv bug‘i porsial bosimining shu haroratdagi havo namligi porsial bosimiga nisbatan aniqlanadi.

$$h = \frac{P_a}{P} \cdot 100\%$$

Gigraskopik nuqta xavo nisbiy namligiga to‘g‘ri kelsa, modda o‘ziga namlikni olmaydi ham, hamda qurimaydi. Ularning gigraskopikligini kamaytirish uchun qo‘shimchalar qo‘shiladi. Masalan, 1,2% li magnit nitrat qo‘shimchasi 8-12% gigraskopikligini kamaytiradi.

Gaz holidagi ammiak isitgichdan o‘tadi, u yerda 120-160°C gacha isitiladi va nitrat kislotaning isitgichdan harorati 80-90°C gacha isitilib, ikkita parallel ishlovchi neytrallanish issiqligidan foydalanish (NIF) qurilmasiga beriladi. NIFda hosil bo‘lgan NH_4NO_3 ikkita doneytralizatorida neytrallanadi. Bu yerda 30-40% $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ qo‘shimchasi qo‘shiladi. So‘ng ammoniy nitrat eritmasi kombinirlangan bug‘latish qurilmasiga

beriladi. Bu erdan eritma gidrozatvor - doneytralizator va filtr orqali yig'ich bakga beriladi. Bug'latish qurilmasini yuqori qismida bug'- gaz aralashmasini yuvgich joylashgan, u yerda havo bilan chiqib ketayotgan aralashmadan tozalanadi. Yig'gich bakdan nasos orqali bosim bakka xaydab beradi. U donadorlash minorasining yuqori qismida joylashgan kuchli bosim bakdan eritma uchta akkustik granulyator yordamida minoradan pastga sohib beradi. U yerda uchta yordamchi zahira granulyatorlar bor.

Minorani pastki qismidan mavhum qaynash qatlamidan havo oqimi beriladi. Bunda yuqoridan tushayotgan selitra donador holatda qota boshlaydi. U 50 m balandlikdan tushadi. Selitra eritmasi 0,2% namligi va 167°C bilan kristall holatga o'ta boshlaydi, berilayotgan havoni hajmi yozda 500 ming, qishda esa 300 – 400 ming m³/soatni tashkil etadi.

Minorani pastki qismidan donador selitra lentali transportyorga tushadi va 3 ta seksiyali mav'um qaynash qatlamli qurilmaga beriladi, donalarning harorati yozda 40-50°C, qishda esa 20-30°C bo'ladi. Tayyor mahsulotda 99,8% ammoniy nitrat bor. Agar namligi 60% bo'lsa uni isitgichga beriladi.

Minoraning yuqori qismidan havo oltita skruBERlarga beriladi. U yerda ammoniy nitrat changlardan yuvilib, 20% ammiak eritmasi bilan yuvilib, ventilyator orqali atomsferaga chiqarib yuboriladi. Qurilmalardan chiqqan gazlar ham shu yerda tozalanadi. Tayyor mahsulot lentali transportyor yordamida omborga beriladi. U yerdan iste'molchiga jo'natiladi.

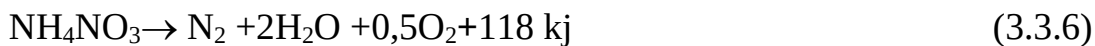
Ammoniy nitrat portlash xususiyatiga ega. Uning portlash xususiyatini tezlashishga mineral kislotalar, tez oksidlanadigan organik moddalar asosan kukun holatidagi metallar va boshqalar taosir qiladi. Isitishning boshlanish davrida ya'ni, 110°C da selitra endotermik parchalanadi:



Eritmada nitrat kislotasi bo'lsa, selitrani parchalanishi avtokatalitik holatda bo'ladi. 200-270°C haroratda ekzotermik parchalanadi:



Xlor ioni selitrani parchalanishiga kuchli ta'sir qiladi. 220-230°C haroratda xlor ioni taosirida gaz holatiga o'tadi. 400-500°C da selitrani tezda kizdirsak, parchalanish portlash bilan boradi:



Amaliy jihatdan esa 300°C haroratda portlaydi.

GOST 2-85 buyicha ammoniyli selitrani donador holda ikkita markada ishlab chiqariladi: A va B.

A markali selitra qishloq xo'jaligi va sanoatda ishlatilishga mo'ljallangan. Tarkibida 98% gacha NH_4NO_3 , B markasi esa 34,4% azot, mahsulot tarkibidagi suvning miqdori sulfatli va sulfat, fosfatli qo'shimchalari bilan 0,2% (birinchi sort B markasi uchun esa 0,3%).

Ammonili selitrasi quyidagicha donador holatda ishlab chiqariladi:

A markasi uchun 1-3 mm, 93% gacha:

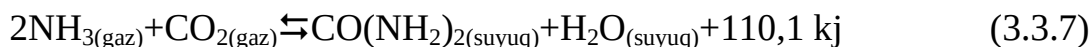
B markasi uchun 1-4 mm, 4% dan oshmasligi kerak.

3.3.3. Karbomid sintezi

Karbamid (mochevina) – ishlab chiqarish azotli o'g'itlar sanoati ichida ammiakli selitradan so'ng ikkinchi o'rinda turadi. Bunga sabab uning xalq xo'jaligidagi qo'llanilish sohasining kengligidadir: chorva uchun oziq qo'shimchasi, plastmassa, elim, lak va qoplamalar. Karbamid $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ tarkibida 46,6% azot oziq elementi tutuvchi oq rangli kristall modda bo'lib, boshqa azotli o'g'itlarga nisbatan ishqorlanishga chidamli, ya'ni kam gigroskopik va tuproqdan sekin yuviladi. Karbamidning texnik nomi mochevina bo'lib, u toza holda rangsiz, hidsiz oq kristall bo'ladi. Uning 25°C dagi zichligi 1330 kg/m³, 132,7°C da eriydi. Texnik mahsulot oq yoki sarg'ish kristall bo'ladi. Shakli ignasimon rombik prizma holida. Atmosfera bosimida suyuqlanish haroratigacha qizdirilsa, karbamid parchalanadi, bunda ammiak ajraladi.

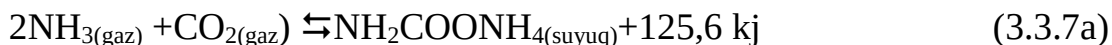
Karbamidning birinchi marta 1828-yilda Vyoler ammoniy sianatdan sintez qilgan. Shundan buyon karbamid organik sintezning muhim moddalaridan bir bo'lib xizmat qiladi. U asosida bir necha moddalar sintez qilingan.

Karbamid ishlabchiqarish usuli va texnologiyasi 1868-yilda A.I.Bazarov tomonidan ishlab chiqilgan. Uni hosil qilish uchun xom ashyo ammiak va ammiak sintezidagi qo'shimcha mahsulot CO₂ xizmat qiladi:



Shu sababli karbamid ishlab chiqarish ammiak sanoatini bilan birga qo'shib olib boriladi. Yuqoridagi jarayon amalda ikki bosqichda olib boriladi:

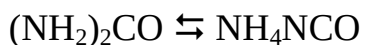
1-bosqichda ammoniy karbamat sintezi sodir bo'ladi:



Bu jarayon ekzotermik, qaytar, hajm kamayishi bilan sodir bo'lganligi uchun muvozanatni mahsulot hosil bo'lish tomonga etarli darajada tez borishi uchun bosimni va haroratni oshirish lozim. Bosimning ortishi yuqori haroratni muvozanatga aks ta'sirini kompensasiyalaydi. Karbamid suvda, spirtida va suyuq ammiakda yaxshi eriydi. To'yingan suvli eritma tarkibida 20°C da 51,8%, 60°C da 71,9% , 120°C da 95% karbamid bo'ladi. Karbamid ammiak bilan birikib ammiakat hosil qiladi. Unda 46°Cda 77,9% karbamid bo'ladi. Harorat ortishi bilan karbamidning suyuq ammiakda erishi ko'payadi. Kislotalar bilan karbamid kuchsiz ishqorlar hosil qiladi :

Karbamid tuzlar bilan kompleks birikmalar hosil qiladi. Bunda har ikki komponent o'g'it hisoblanadi. Masalan, Ca(NO₃)₂·4(NH₂)₂CO, Ca(H₂PO₄)₂·4(NH₂)₂CO va eng asosiy karbofosfat (NH₂)₂CO·H₃PO₄ lar.

Karbamidning suvli eritmaları 80°C gacha o'z holatini saqlaydi. Undan ortiq haroratda karbamid ammoniy izosianatga, so'ngra ammoniy karbomatga o'tadi.



Ammoniy karbonat o'z navbatida ammoniy gidroqarbonat va ammiakka parchalanadi:

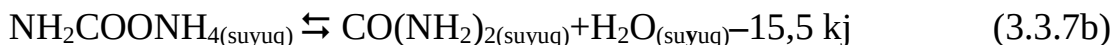


Ammoniy gidroqarbonatdan ammiak va karbonat angidrit ajratiladi:



Amalda karbamat sintezi 150-190°C harorat va 15-20 MPa bosimda amalga oshiriladi. Bunday sharoitda jarayon tez va amalda oxirigacha boradi.

2-bosqich ammoniy karbamat molekulasining endotermik parchalanish jarayoni hisoblanadi:



Ammoniy karbamatning parchalanishi suyuq fazada tez sodir bo‘ladi va reaktorda qattiq mahsulotlarning kristallanishi sodir bo‘lmasligi uchun jarayon 98°C dan yuqori haroratada $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2 - \text{NH}_2\text{COONH}_4]$ tizimsi uchun evtektik nuqta] olib borilishi zarur. 220°C da karbamatning karbamidga parchalanishi maksimal darajaga etadi. Muvozanatni siljitish uchun ammiak ortiqcha miqdorda olinadi, u reaksiya suvi bilan bog‘lanib, mahsulotni reaksiya sohadan chiqarishga yordamlashadi. Biroq amalda karbamatni karbamidga to‘liq aylantirib bo‘lmaydi. Reaksiya mahsulotlari tarkibida ammoniy karbamatning parchalanish mahsulotlaridan tashqari ta’sirlashmagan ammiak va CO_2 ham bo‘ladi. Toza karbamat ammoniyni suyuqlanish harorati 152-155°C. Ammoniy karbonat tuzlar, karbamid va suv ishtirokida bu harorat pasayadi.

Karbamid azotli o‘g‘itlari ichida eng ko‘p azot elementini tutib turishini aytib o‘tgan edik. Uni o‘g‘it sifatida ko‘plab ishlatiladi. Karbamidni ammoniy nitratdan bir qancha afzalliklari bor. U portlashga xavfsiz, tuproqqa tushganda sekin eriydi, gigraskopligi kamroq, yopishqoqligi uncha yuqori emas. Shuning uchun u karbamidni donador holda idishsiz tashish mumkin. Karbamidni gigraskopligini oshirish uchun donadorlashdan oldin suyuqlanmagan karbamidoformaldegid smola (KFS) qo‘shiladi. Karbamidning gigraskoplik nuqtasi 20°C da 80 % ga teng.

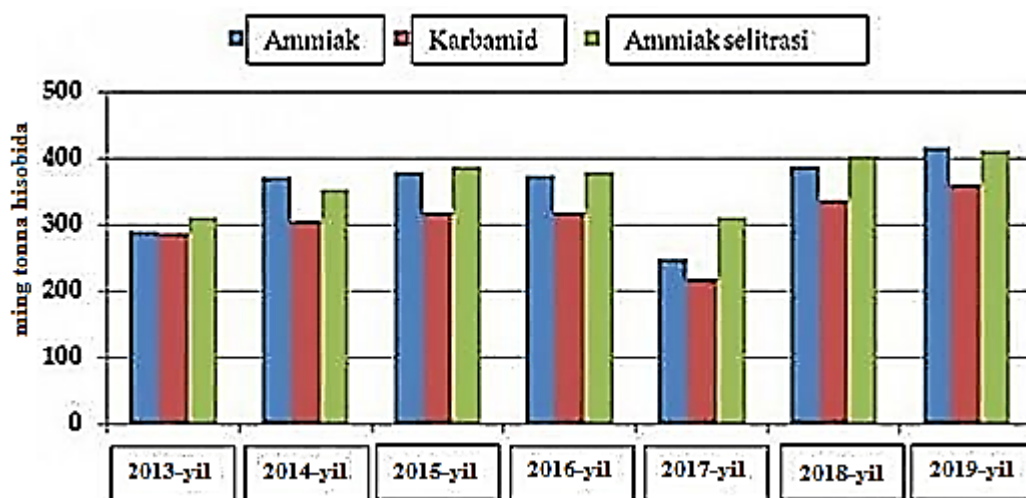
Texnik shart talablariga asosan karbamid donador va kristall holda A va B markada ishlab chiqariladi: A markali karbamid oliy va birinchi kategoriyalik hisoblanib, sun’iy smola, plastmassa, elim, lak, dorivor vositalar, gerbisidlar ishlab

chiqarishda va chorvachilikda ishlatiladi. Uning tarkibida 46,3% azot, 0,6-0,9% gacha biuret, 0,2-0,3% suv bo'ladi. Chorvachilikda ishlatish uchun biuret miqdori 3% gacha ruxsat etiladi.

B markali karbamid qishloq xo'jaligi ekinlari uchun o'g'it sifatida ishlatiladi. Uning tarkibida 46% azot, 0,9% gacha biuret va 0,25% suv bo'ladi. Donalarning o'lchami: 1-4 mm.lisi 94%, 1 mm.ligidan kichkinalari 5% gacha bo'lishi shart. Ammiakni resirkulyasiyasi ishlab-chiqarishni kengaytirish, kapital xarajatlarni ortishi, zkspulatatsion sarflarni hisobga olgan holda amalga oshiriladi.

Ortiqcha ammiakni ammoniyli selitira ishlab chiqarishga yuborish bilan katta foyda olinadi. 1 tonna karbamid olinganda 5-8 tonna selitra olinadi. Karbamid ishlab-chiqarish ammiakli selitra ishlab-chiqarishdagi qo'shimcha texnologik jarayon hisoblanadi.

2013-2018-yillarda "AM-76 ishlab chiqarishni kapital ta'mirlash elementlari bilan rekonstruktsiya qilish" loyihasi doirasida ammiak ishlab chiqarishni rekonstruktsiya qilish ammiakning kunlik ishlab chiqarish hajmini 900 tonnadan 1300 tonnagacha oshirish imkonini berdi. Ammiak ishlab chiqarishni ko'payishi o'z navbatida karbamid va ammiakli selitra ishlab chiqarishni to'liq ta'minlash imkonini yaratib berilishi 4-rasmda keltirilgan.

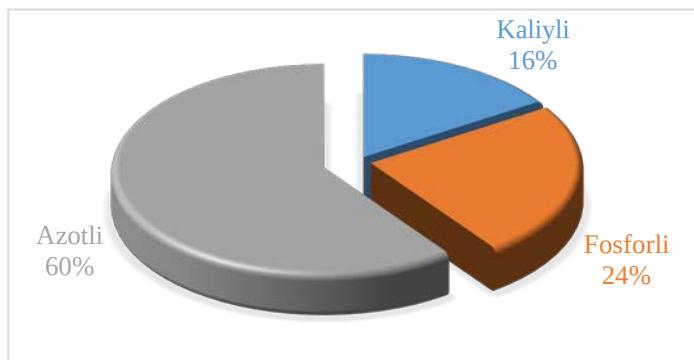


4-rasm. 2013-2018-yillarda Respublika kimyo zavodlarida ammiak, karbamid va ammiakli selitra ishlab chiqarish dinamikasi

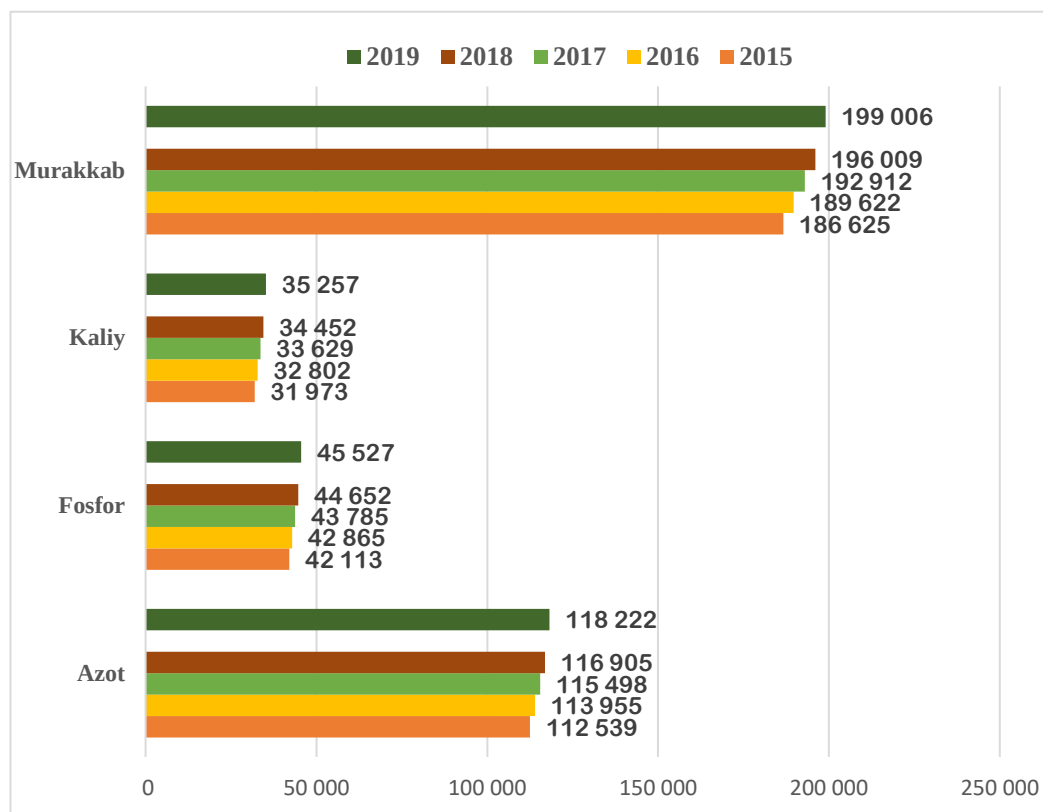
3.5. Azotli o'g'itlar ishlab chiqarishdagi innovatsiyalar va ularning iqtisodiy samaradorligi

Azot – o'simliklar uchun eng muhim oziq elementlardan hisoblanadi. O'rtacha hisoblanganda o'simlik quruq massasining 1-3,5% azotdan tarkib topgan. Azot oqsillar, nukleni kislotalar, nukloproteidlar, xlorofill, alkaloidlar, fosfatlar va boshqa o'simlikdagi organik birikmalar tarkibini tashkil qiladi. Oqsillarning $\approx 16\%$ azotdan tarkib topgan bo'ladi.

O'simlik o'zlashtiradigan azotning asosiy manbasi mineral o'g'itlar hisoblanadi. Quyidagi diagrammada mineral o'g'itlarning dunyo bo'yicha 2018-yilgi iste'mol statistikasi va 2015-2019-yillardagi mineral o'g'it ishlab chiqarish dinamikasi keltirilgan.



1-diagramma. Dunyo bo'yicha mineral o'g'itlarning 2018-yilgi iste'moli
(manba: International fertilizer industry)



2-diagramma. Dunyo bo‘yicha 2015-2019-yillarda mineral o‘g‘it ishlab chiqarish dinamikasi (ming tonnada).

Boshqa kimyo kompleksi tarmoqlari ichida mineral o‘g‘itlar sanoati nisbatan muvaffaqiyatli hisoblanadi. Bunga dunyo miqyosida mineral o‘g‘itlarga bo‘lgan talab to‘g‘risidagi ma’lumotlar dalil bo‘la oladi.

SHu bilan birga tuproqdagi azot , fosfor va kaliy oziq elementlarining tarqalish imkoniyati ham muhim ahamiyat kasb etadi. O‘rganishlar shuni ko‘rsatadiki, azot zahiralarini shimoldan janubga tomon ortib borib, o‘rmon-cho‘l mintaqalarida maksimumga yetadi, keyin esa kamayib boradi. Fosforning tuproqdagi zahiralarini ham shunday tartibda o‘zgaradi va cho‘l mintaqalarida maksimumga yetadi. Kaliyning zahiralarini o‘rmon mintaqalarida eng ko‘p bo‘lib, undan janubga qarab kamayib boradi. Ayni bir kenglikda azot zahiralarini sharqiy rayonlarda yer sayyorasining g‘arbiy rayonlariga nisbatan ancha ko‘proq, fosfor va kaliy esa kamroq tarqalgan. Barcha

mineral o'g'itlar sanoati uchun yuqori issiqlik va energiya sarfi xos (mahsulot tannarxining 25÷50%ni tashkil qiladi).

Azotli mineral o'g'itlar (ammiakli selitra, karbamid, ammoniy sulfat va h.k.) sanoati uchun boshlang'ich xom ashyo sifatida ammiak qo'llaniladi. XX asrning ikkinchi yarmidan ammiak sintezi uchun xom ashyo sifatida ishlatilayotgan koks va koks gazi o'rnini tabiiy gaz egalladi. Bu o'z navbatida azotli mineral o'g'itlarni erkin joylashtirish imkoniyatini yaratdi.

Yer shari aholisining yillik o'sishi 70 million kishini tashkil qilmoqda. Yer aholining tinimsiz o'sib borishi oziq-ovqat bilan ta'minlash muammolarini keltirib chiqarmoqda. Bu holatning yechimlaridan biri mineral o'g'itlar ishlab chiqarish quvvatlarini orttirish va dehqonchilik tarmog'iga zamonaviy innovatsiyalarni tadbqiq etishdan iboratdir.

Bugungi kunda butun dunyoda qishloq xo'jaligida qo'llaniladigan asosiy azotli o'g'itlar – ammiakli selitra va karbamid (mochevina) hisoblanadi.

Tarkibida bir vaqtning o'zida o'simliklar tomonidan oson o'zlashtiriladigan azot oziq elementi sifatida keng tarqalgan ammiakli-nitratli mineral o'g'itlar guruhiga ammiakli selitra kiradi. [2]

Biogen elementlarning katta qismi mineral o'g'itlarning kimyoviy tarkibiga atrof-muhit ta'siri va takomillashmagan xossalari tufayli yo'qolishga uchraydi.

Hozirgi kunda dunyoda, shuningdek O'zbekistonda ham ishlab chiqarilayotgan azotli o'g'itlarning asosiy shakli suvda eruvchan hisoblanadi, bu esa ularni qo'llanganda gazsimon azotni yo'qolishini keltirib chiqaradi. Ya'ni tuproqda kimyoviy va mikrobiologik ta'sirlar natijasida ammiak va amid shaklidagi o'g'itni tarkibidagi azot erkin shaklga o'tadi. Bu yo'qotishlar ayniqsa neytral, ishqoriy va yuqori karbonatli tuproqlarda yengil donadorlashtirilgan tarkibli o'g'itdan foydalanilganda juda yuqoridir. NH_3 ni ajralishi o'g'itdan azotni yo'qotishning asosiy kimyoviy yo'lidir.

Boshqa mineral o'g'itlar kabi azotli mineral o'g'itlarning kamchiligi ularning fizologik kislotaligi, shuningdek ishlab chiqarishda neytallanmasdan o'g'it tarkibida

qolib ketgan kislota. Bunday holatda tuproqni ohaklashga va mineral o'g'it kislotaligidan neytrallashga talab ortadi. [3]

Oxir-oqibat mineral o'g'itlarning fizik xossalarini yaxshilash lozim bo'ladi. Keyingi paytlarda mineral o'g'itlar sanoatida asosiy e'tibor donadorlashga, kapsulalashga, o'g'it donachalarini turlicha qoplamalar bilan qoplashga va h.k.larga qaratilmoqda. [4]

Ekologik nuqtai nazardan azot ancha xavfli sanaladi. Ammiak, nitrat kislota va azotli mineral o'g'itlar ishlab chiqarish bilan atrof-muhit sezilarli darajada ifloslanadi.

Azotli o'g'itlarni yo'qotilishini kamaytirish va ularning samaradorlinini oshirish maqsadida sekin ta'sir qiluvchi shaklga ega azotli (mochevinaformaldegidli) yoki azotni erkinlashuvini to'xtatuvchan sekin eruvchan (o'g'it donalari sirtini turli sintetik materiallar yo elementar oltingugurt bilan qoplangan) o'g'itlar sanoati ishlab chiqarilishini yo'lga qo'yish lozim. Azotni konservatsiyalash uchun azotli mineral o'g'itlardagi ammiakli shaklni nitrifikatsiyalanishini oldini oluvchi ingibitorlar qo'llaniladi.

Ingibitorlar ta'siri natijasi shuni ko'rsatmoqdaki, azotli o'g'itlardan foydalanish samaradorligi va hosildorlik sezilarli darajada ortadi. Ingibitorlardan sug'oriladigan yer maydonlarida paxta va donli ekinlar yetishtirishda foydalanish istiqbolga ega.

Azotli o'g'itlar sanoatida sekin eruvchan kontsentratsiyali azotli o'g'itlar ishlab chiqarish yangi tarmoq hisoblanadi. Sekin eruvchan azotli o'g'itlarning eruvchan o'g'itlardan afzalligi iqtisodiy foydaligi kam yo'qotilishi hisobiga uzoq ta'sir ko'rsatishi, bir qo'llashda ko'p miqdorda tuproqqa azot kiritish imkoniyatini mavjudligi (qo'shimcha oziqlantirishlarsiz) bilan aniqlanadi.

Bunday avlod kontsentirlangan azotli o'g'itlarga kimyoviy usulda ma'lum sharoitlarda formaldegid va mochevinadan olinadigan ureaform, izobutilendikarbamid, oksamid va mochevinaformaldegid o'g'itlari kiradi. Bu o'g'itlar tarkibida qiyin eriydigan shaklli, biroq o'simliklar tomonidan vigitatsiya davrida to'liq o'zlashtiriladigan 40% atrofida azot tutadi.

Bunday yo'l bilan ishlab chiqariladigan erishi boshqariladigan azotli o'g'itlar tannarxi an'anaviy usulda ishlab chiqariladigan azotli o'g'itlar tannarxidan 10% yuqori bo'lsada, oziqlantirish uchun kam sarflanishi hisobiga 30% iqtisodiy samarali bo'ladi.

Hozirgi kunda mamlakatimizda azotli o'g'itlarga bo'lgan talab 73%, fosforli o'g'itlarga bo'lgan talab esa 20% ta'minlanmoqda. Azotli o'g'itlarni ishlab chiqarishni o'rtacha eskirishi 64%ni, fosforli o'g'itlar bo'yicha esa 77%ni tashkil qilmoqda. Buning hisobiga energiya resurslarini ortiqcha sarflanishi mahsulot tannarxining oshib ketishiga sabab bo'lmoqda. Buning oldini olish maqsadida 2018-yildan boshlab mineral o'g'itlarga bo'lgan talabni qoplash uchun 3,1 milliard dollarlik 17 ta innovatsion loyiha amalga oshirila boshlandi. Azotli va kaliyli o'g'itlar bilan mamlakat ehtiyoji to'la qoplanadi va fosforli o'g'itlarga bo'lgan ehtiyojni qondirish bir necha barobar oshiriladi

Sohadagi vaziyatni yaxshilash maqsadida keyingi besh yilda umumiy qiymati 2,8 milliard dollarlik 9 ta yangi innovatsion loyiha ishga tushirildi va buning natijasida mineral o'g'itlar va sulfat kislotasi ishlab chiqarish ikki barobar ko'paydi.

3.7. “Azot va uning birikmalari” mavzularini o'qitish yuzasidan qo'shimcha materiallar

“Tabiatdagi azot olamiga sayohat” mavzusidagi umumlashtiruvchi 1 soatlik dars ishlanmasi

Darsning maqsadlari:

1. Ta'limiy maqsad: o'quvchilarga azot guruhidagi elementlarga tushuncha berish, azotning xossalari haqida tushuncha berish.

2. Tarbiyaviy maqsad: o'quvchilarning ilmiy dunyoqarashini kengaytirish, ularga axloqiy, estetik, ekologik tarbiya berish.

3. Kompetensiyani rivojlantiruvchi maqsadlar:

Kommunikativ: kimyoviy Inson hayot faoliyati uchun zarur bo'lgan biogen elementlar haqida ma'lumotga ega bo'lish, inson hayot faoliyati uchun zarur bo'lgan biogen elementlar haqida og'zaki va yozma tarzda tushunarli bayon qila olish.

Axborotlar bilan ishlash: kundalik turmushda foydalanadigan mineral o'g'itlar, biogen elementlar haqidagi ma'lumotlarni media vositalardan izlab topa olish, media vositalaridan izlab topilgan kimyoviy birikmalar haqidagi ma'lumotlarni saralashni bilish

O'zini o'zi rivojlantirish: kimyoviy moddalar haqidagi tushunchalar orqali bilimini oshirib borish, hayoti davomida mustaqil o'qib-o'rganish.

Ijtimoiy faol fuqarolik: kimyoviy ishlab chiqarish mahsulotlari va tabiat boyliklarini asrab-avaylashni bilish, jamiyatda bo'layotgan voqea, hodisa va jarayonlar haqida axborotga ega bo'lish.

Darsning jihozlari: Plakatlar , kimyoviy moddalardan na'munalar , kimyoviy jihozlar

Darsda qo'llaniladigan metod: Aralash, qo'llaniladigan interfaol metodlar – “Aqliy hujum”, “Zinama-zina”, SWOT-tahlil.

Mashg'ulot bosqichlari:

№	Bosqichlar	Vahti
1	Tashkiliy qism	3 daqiqa
2	O'tilgan mavzuni takrorlash	12 daqiqa
3	Yangi mavzuni bayoni	17 daqiqa
4	Mustahkamlash	10 daqiqa
5	Mashg'ulot yakuni. Uyga vazifa berish	3 daqiqa

Foydalanilgan adabiyotlar: R.Asqarov,N.X.To'xtaboyev,K.G'.G'opirov. Kimyo 8/darslik. –Toshkent, 2010.

Darsning borishi.

Tashkiliy qism:

1. O'quvchilar bilan salomlashish.
2. O'quvchilar davomatini olish.
3. O'quvchilarni darsga tayyorgarliklarini tekshirish.

Dars rejasi e'lon qilinadi va doskaga yoziladi:

1. Kashf qilinish tarixi.
2. Tabiatda uchrashi.
3. Azot atomi va molekulasining tuzilishi.
4. Fizik va kimyoviy xossalari.
5. Olinishi va qo'llanilishi.

O'quvchilarni motivatsiyalovchi savollar:

1. Qanday qilib havoda azot borligini tajriba orqali isbotlash mumkin?
2. Sabzavotlar va mevalarni uzoq masofalarga tashishda muzlatgichlardan foydalaniladi. Bunda suyuq azotdan sovutgich sifatida foydalanish mumkinmi?
3. Azotda sovutgich sifatida foydalanish uning qanday xususiyatlarga asoslanadi?

Mashhur olimlar azot haqida nima yozgan:

- F. Engels - Hayot - bu oqsil tanalarining mavjudligi shakli .
- D. Ruterford - Havoni siqish.
- K. Sheele - Yomon havo.
- A. Lavuaze - Jonsiz havo.
- D. I. Pryanishnikov - Azotsiz hayot bo'lmaydi, chunki bu protein molekulasining eng muhim tarkibiy qismi.

Kashf qilinish tarixi.

1772-yilda azot oddiy modda sifatida Daniel Ruterford tomonidan tasvirlangan (“buzilgan havo” deb ataladi), u magistrlik dissertatsiyasida azotning asosiy xususiyatlarini ko‘rsatgan (ishqor bilan reaksiya qilmaydi, yonishni qo‘llab-quvvatlamaydi, nafas olish uchun yaroqsiz). Shu sababli Daniel Ruterford azotni kashf etuvchisi hisoblanadi.

Keyinchalik, azot Genri Kavendish tomonidan o‘rganildi (qiziq dalil shundaki, u elektr tokining oqishi orqali azotni kislorod bilan bog‘lab, qoldiqda azot oksidlarini yutgandan so‘ng, u oz miqdordagi gazni oldi, mutlaqo inert, ammo azotda bo‘lgani kabi). Uning fikricha yangi kimyoviy element - inert gazni ajratib olgan bo‘lishi mumkin edi.

D.Ruterford 1787-yilda azotning xususiyatlarini tasvirlab berdi. Shu yili A.Lavuaze azot nomini taklif qildi - “jonsiz” (a - yo‘q, zoe - hayot). Boshqa nomlari: nopok gaz, bo‘g‘uvchi gaz, septon, buzilgan havo, olovli havo, nitrogen, halokatli gaz, bug‘uvchi gaz va boshqalar.

Tabiatda uchrashi.

1) Atmosferada erkin holatda (78%), 2) Bog‘langan holatda (jadvalga qarang).

Azotning tabiatda bog‘langan shaklda uchrashi

<i>Tabiiy shakli</i>	<i>Yer qobig‘ida</i>
Amminiy va nitrat kislotasi tuzlari.	Litosfera, gidrosfera
Azot	Atmosfera
Vulqon azoti va ammaklari	Litosfera
Yoqilg‘ilarning (neft, ko‘mir) tarkibida	Litosfera
Nuklein kislotalar, oqsil moddalar	Biosfera

Yerdan tashqarida azot gaz tumanliklarida, quyosh atmosferasida, Uran, Neptun, yulduzlararo kosmosda va hokazolarda mavjud.

Azot quyosh tizimining to'rtinchi eng to'yimli elementi (vodorod, geliy va kisloroddan keyin).

Tabiatda azot ^{14}N - 99,635% va ^{15}N – 0,365% turg'un izotoplardan iborat.

Massasi 10 dan 13 gacha va 16 dan 25 gacha bo'lgan o'n to'rtta radioaktiv azot izotoplari sun'iy ravishda olingan, ularning barchasi juda qisqa umr izotoplari. Ulardan eng barqaror ^{13}N yarim parchalanish muddati 10 minutni tashkil qiladi.

N_2 diatomik molekulalar ko'rinishidagi azot atmosferaning katta qismini tashkil etadi, bu yerda uning tarkibi 75,6% (massa bo'yicha) yoki 78,084% (hajm bo'yicha), ya'ni taxminan $3,87 \cdot 10^{15}$ t.

Turli mualliflarning fikriga ko'ra, yer qobig'idagi azot miqdori $(0,7-1,5) \cdot 10^{15}$ tonnani tashkil etadi (bundan tashqari, chirindida $6 \cdot 10^{10}$ tonna) va Yer mantiyasida $1,3 \cdot 10^{16}$ tonna. Mantiyaning yuqori qismi azotning asosiy manbai bo'lib xizmat qiladi va u yerdan vulqon otilishi bilan yerning boshqa qobig'iga kiradi.

Gidrosferada erigan azotning massasi, atmosfera azotining suvda erishi va uning bir vaqtning o'zida atmosferaga chiqishi jarayonlari sodir bo'layotganini hisobga olib, taxminan $2 \cdot 10^{13}$ tonnani tashkil etadi, bundan tashqari aralashmalar ko'rinishida gidrosferada taxminan $7 \cdot 10^{11}$ tonna azot mavjud.

Fizik xossalari.

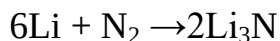
Belgisi – N. Atom og'irligi - 14.0067. Zichlik – 0,808 ($-195,8^\circ\text{C}$). Erish nuqtasi - $209,86^\circ\text{C}$. Qaynash nuqtasi $-195,82^\circ\text{C}$. Rangsiz, hidsiz va ta'mga ega bo'lmagan gaz. Suvda kam eriydi, havodan engilroq, zichligi $1,2506 \text{ kg/m}^3$, $T_{\text{suyuq}}^{\circ} = -210^\circ\text{C}$, $T_{\text{qay}}^{\circ} = -196^\circ\text{C}$, nafas olish va yonishni qo'llab quvvatlamaydi.

Kimyoviy xossalari.

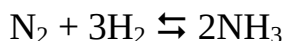
Atomining tuzilishi va xususiyatlari: II davri, V guruh kichik guruh o'z ichiga oladi, tashqi energiya darajasida 5 ta ... $2s^2 2p^3$ elektronlari bor.

Namoyon qiladigan oksidlanish darajalari birikmalarda -3 dan $+5$ gacha. Xona haroratida faqat Li bilan, boshqa metallar bilan yuqori haroratda qizdirilganda (Ca, Al, Fe), elektr kamonining haroratida ($3000 - 4000^{\circ}\text{C}$) da O_2 bilan ta'sirlashadi.

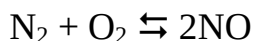
Kimyoviy jihatdan azot bu kuchli kovalent bog'lanish tufayli juda inert gaz bo'lib, atomar azot esa kimyoviy jihatdan juda faoldir. Metallardan erkin azot normal sharoitda faqat litiy bilan ta'sirlanib, nitrit hosil qiladi:



Harorat oshishi bilan molekulyar azotning faolligi oshadi. Isitish jarayonida azotning vodorod bilan o'zaro ta'siri, ko'tarilgan bosim va katalizator mavjud bo'lganda ammiak hosil bo'ladi:



Azot kislorod bilan faqat elektr uchquni yordamida azot oksidi (II) hosil qiladi:



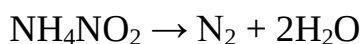
Azot oksidlari. Azot kislorod bilan ta'sirlashib: (I) (N_2O); (II) (NO); (III) (N_2O_3); (IV) (NO_2) va (V) (N_2O_5) hosil qiladi.

Olinishi:

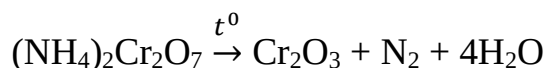
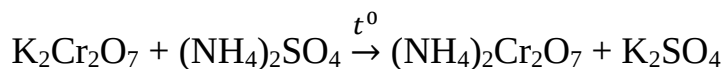
Sanoatda. 1) Suyuq havodan fraksiyalab ajratib olinadi.

Laboratoriyada:

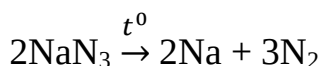
1) Turg'un bo'lmagan azot birikmalarining parchalanishi natijasida:



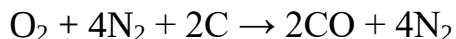
2) Kaliy dixromat va ammoniy sulfat aralashmasini isitish (og'irligi bo'yicha 2: 1 nisbatda):



3) Sof azotni metall azidlarining parchalanishi natijasida olish mumkin:



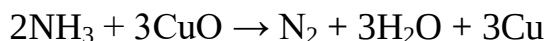
4) “Havo” yoki “atmosfera azoti”, ya’ni azotning asiliy gazlari bilan aralashmasi havoning qizil-issiq koks bilan reaksiyasi natijasida olinadi:



Bu reaksiya “generator” yoki “havo” gazini ishlab chiqarishda - kimyoviy sintez va yoqilg‘i uchun xom ashyo sifatida ishlatiladi.

Sanoatda molekulyar azot suyuq havoni fraktsiyalash yo‘li bilan olinadi. Ushbu usulni olish mumkin va “atmosfera azot”. Azotli o‘simliklar ham keng qo‘llaniladi, bunda adsorbtsiya va membrana gazini ajratish usuli qo‘llaniladi.

Laboratoriya usullaridan biri ammiakni mis (II) oksidi ustiga $\sim 700^\circ\text{C}$ haroratda etkazishdir:

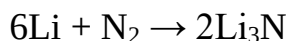


Ammiak isitilganda uning to‘yingan eritmasidan olinadi. CuO miqdori hisoblangan miqdordan 2 baravar ko‘p. Qo‘llashdan oldin azot mis va uning (II) oksidi (shuningdek $\sim 700^\circ\text{C}$) orqali kislorod va ammiak aralashmalaridan tozalanadi, so‘ngra konsentrlangan sulfat kislota va quruq ishqor bilan quritiladi. Jarayon juda sekin, ammo bunga arziydi: gaz juda toza.

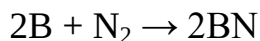
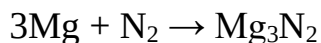
Hatto 3000°C haroratda ham N_2 ning issiqlik dissotsiatsiyasi darajasi atigi 0,1% ni tashkil qiladi va faqat 5000°C haroratda u bir necha foizga etadi (normal bosimda). Yuqori atmosfera qatlamlarida N_2 molekulalarining fotokimyoviy dissotsiatsiyasi sodir bo‘ladi. Laboratoriya sharoitida atom azotini yuqori chastotali elektr zaryadsizlanish maydoni orqali kuchli zaryad olganda N_2 gazli o‘tish orqali olish mumkin. Atomli azot molekulyar azotga qaraganda ancha faoldir: xususan, oddiy haroratda u oltingugurt, fosfor, mishyak va bir qator metallarga, masalan, simobga ta’sir qiladi.

Azot molekulasi yuqori kuchliligi tufayli uning ko‘plab birikmalari endotermikdir, ularning hosil bo‘lish entalpiyasi manfiy, azotli birikmalar esa termal beqaror va qizdirilganda juda oson parchalanadi. Shuning uchun Yerdagi azot asosan erkin holatda bo‘ladi.

Oddiy sharoitlarda ahamiyatsiz harakatsizligi sababli azot faqat litiy bilan reaksiyaga kirishadi:



qizdirilganda u boshqa ba'zi metallar va metall bo'lmaganlar bilan o'zaro ta'sirlanib, nitridlarni hosil qiladi:



Amaliy ahamiyatga ega bo'lgani vodorod nitridi (ammiak)dir.

Qo'llanilishi:

Oziq-ovqat sanoatida azot E941 oziq-ovqat qo'shimchasi sifatida, qadoqlash va saqlash uchun gaz vositasi, sovutish vositasi sifatida ro'yxatga olinadi va suyuq azot yumshoq konteynerlarda ortiqcha bosim va inert muhit hosil qilish uchun yog'lar va gazziz ichimliklar to'kilishida ishlatiladi.

Tibbiyotda. Kayson kasalligi bosimning keskin pasayishi (masalan, chuqurlikdan ko'tarilish, kayson yoki xonadan chiqish yoki balandlikka ko'tarilish) bo'lganida yuzaga keladi. Bunday holda, ilgari qonda yoki to'qimalarda erigan azot gazi qon tomirlarida gaz pufakchalarini hosil qiladi. Odatda alomatlar og'riq yoki nevrologik kasalliklarni o'z ichiga oladi. Og'ir holatlar o'limga olib kelishi mumkin.

Sanoatda. Sof azot ammiak sintezi va azotli o'g'itlar ishlab chiqarish, metan konversiyasi va qo'shilgan gazni qayta ishlashni o'z ichiga olgan turli xil ishlab chiqarish jarayonlarida qo'llaniladi.

Qora va rangli metallurgiyada azot metallarni kuydirish paytida himoya qilish uchun ishlatiladi. U neytral qotish, stressni yengillashtirish, yumshatish, tsementlash, siyanitlash, brazing, kukunli metalni maydalash va ekstruziya bilan sovutish jarayonlarida qo'llanadi.

Qog'oz sanoatida polimerizatsiya qilish uchun qog'oz, karton va hatto yog'och buyumlarni ultrabinafsha yoki katod nurlari bilan ishlov berish jarayonida azotdan

foydalanish fotoiniyatorlarning narxini pasaytirish, uchuvchan organik birikmalar chiqindilarini kamaytirish, ishlov berish sifatini yaxshilashda ishlatiladi.

Neft va gaz ishlab chiqarishda azot bosimini ushlab turish va mahsulot ishlab chiqarishni ko'paytirish uchun ishlatiladi. Ushbu inert gaz texnologik tanklarda portlash va yong'in xavfsizligini ta'minlash uchun, shuningdek yuklash va tushirish paytida inert yostiqni yaratish uchun keng qo'llaniladi. Azot neft va gaz rezervuarlarida ma'lum bir bosimni ushlab turish, gaz tashuvchilar va suyultirilgan gaz va suyultirilgan gaz omborlaridagi texnologik tanklarni tozalash va quvurlarni tozalash uchun ishlatiladi.

Yarimo'tkazgichlar va elektr zanjirlari ishlab chiqarishda oksidlanishning oldini olish, tozalash va tozalash elektrotexnika sanoatida azotning asosiy qo'llanilishidir. Elektronika

Ushbu sohada azotdan foydalanib, bosh pechining elektrodleri sovutiladi. Bundan tashqari, u ishlab chiqarish paytida oksidlanishdan himoya qilish, havo haroratini pasaytirish uchun ishlatiladi.

Suyuq azotdan foydalanish. Suyuq azot shaffof rangli suyuqlik bo'lib, portlovchi va zaharli emas. Bug'lanib, azot olovni sovutadi va yonish uchun zarur bo'lgan kislorodni chiqaradi, shuning uchun olov to'xtaydi. Azot suv, ko'pik yoki changdan farqli o'laroq, shunchaki bug'lanadi va eriydi, azotli olovni o'chirishi karbonat angidrid bilan bir qatorda, olovni o'chirishning eng samarali usuli hisoblanadi.

Turli xil uskunalar va mexanizmlarni sovutish; haddan tashqari ortiqcha ish paytida kompyuter qismlarini sovutish maqsadida qo'llaniladi.

Suyuq azot bilan kuyish. Suyuq azot hatdan tashqari sovuq bo'lganligi tufayli tarkibidagi moddalar mo'rt bo'lib qoladi. Tananing shikastlangan joylarini suv yoki sovuq narsalar bilan sovutish, og'riq qoldiruvchi vositalarni qo'llash, steril niqoblar yoki dokali materiallardan foydalanib yaralarga surtish kerak.

Darsni yakunlash.

O'z-o'zini nazorat qilish uchun savollar:

1 - savol. Azot qanday gaz?

Javobi: Rangsiz, ta'rsiz va hidsiz gaz.

2-savol. Azot molekulasini qanday tuzilgan va havoda uning hajmi necha %ni tashkil qiladi?

Javobi: Molekulasi diatomik bo'lib, havodagi tarkibi 78% ni tashkil qiladi.

3 - savol. Laboratoriyada azot qanday usulda olinadi?

Javobi: Laboratoriyada $KMnO_4$ va H_2O_2 parchalanish yo'li bilan olinadi.

4 - savol. Sanoatda azot qanday usulda olinadi?

Javobi: Sanoatda suyuq havodan faraksiyalab ajratib olinadi.

6 - savol. Azot kimyoviy jihatdan faolmi?

Javobi: Kimyoviy faol bo'lmagan modda.

7 - savol. Faollashtirilgan azot qaysi moddalar bilan reaksiyaga kirishadi?

Javobi: U deyarli barcha oddiy moddalar bilan o'zaro ta'sirlashadi.

8 - savol. Azot nomi keraksiz, hayot uchun yaroqsiz degan ma'noni bildiradi.

Biroq bu fikr noto'g'riligining sababi nimada?

Javobi: Azotning nafas olish va fotosintez jarayonlarida ishtirik etishi sababli.

9 - savol. Barcha tirik organizmlarda azot uchraydimi?

Javobi: Azot oqsillarning ajralmas qismi hisoblanadi.

10 - savol. Tabiatda azotning mavjudligi qanday isbotlanadi?

Javobi: Tabiatdagi moddalar aylanishida azot ishtirok etadi. Ammoniy va nitrat kislota tuzlari shaklida tabiatda uchraydi.

Uyga vazifa. 45§. Azotning vodorodli birikmalari mavzusini o'qish va qisqacha konspektlashtirish.

XULOSA

1. Oziq – ovqat muammosi keying yillarda dunyodagi global muammolardan biridir. Oziq – ovqat muammosini hal qilishning eng maqbul yo‘li o‘simliklarni mineral o‘g‘itlar bilan sun’iy oziqlantirish orqali hosildorlikni oshish hisoblanadi. Azotli birikmalar nafaqat mineral o‘g‘itlarlar, balki xalq xo‘jaligining ko‘pgina tarmoqlarida muvaffaqiyatli qo‘llanib kelinadi.

2. Atmosfera azotini bog‘lashning bir necha sanoat usullari mavjud. Bu usullar ichida Gaber-Bosh taklif qilgan usul eng samarali. Biroq bu usul katta sarf-harajat talab qiluvchi usullardan biridir. Shu sababli hozirgi kunda atmosfera azotini bog‘lashning kam harajatlil va samarali usullari ustida ilmiy izlanishlar olib borilmoqda.

3. Azotli o‘g‘itlar ishlab chiqarish sohasida olib borilayotgan innovatsion tadqiqotlar asosan suvda eruvchanligini sekinlashtiruvchi va tuproq eritmasidan yuviluvchanligini kamaytiruvchi qo‘shimchalar kiritish, azotni intermetallar va plazma nurlari yordamida bog‘lash ishlaridan tashkil topmoqda.

4. Maktab kimyo kursidagi azot va uning birikmalari, ularning qo‘llanilishi, mineral o‘g‘itlar, ularni ishlab chiqarish yuzasida o‘quvchilarga berilayotgan ma’lumotlar ancha eskirgan. Zamonamiz taraqqiyotini hisobga olgan holda maktab kimyo kursi mazmunini qayta ko‘rib chiqishga va berilayotgan bilimlarni amaliy ahamiyati hamda qo‘llanilishiga doir materiallar bilan to‘ldirishga etarlicha e’tibor berilmayapdi.

5. Umumta’lim maktablari 8-sinf “Kimyo” kursidagi «Azot va uning birikmalari», «Mineral o‘g‘itlar» mavzulari mazmuniga amaliy ahamiyatga ega bo‘lgan yangi materiallar kiritish bo‘yicha uslubiy ishlanma yaratildi. Yaratilgan uslubiy ishlanmani o‘quv jarayoniga joriy qilish yuzasidan taklif kiritildi va natijasi samarali bo‘lishiga ishonch hosil qilindi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Ўзбекистон Республикаси Президентининг Фармони. «Ўзбекистон республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси тўғрисида». (Ўзбекистон республикаси ҳужжатлар тўплами. 2017 йил. 60-сон.70-модда)
2. Ўзбекистон Республикаси Президентининг Фармони. ПФ №4947-сон «2017-2021-йилларда Ўзбекистон Республикасини ривожлантиришнинг бешта тамойили бўйича ҳаракатлар стратегияси» тўғрисида. 2017 йил 7 феврал
3. Ўзбекистон Республикаси Президентининг Қарори. ПҚ №3236-сон «2017-2021-йилларда кимё саноатини ривожлантириш дастури тўғрисида». 2017 йил 23 август
4. Соколов Р.С. Химическая технология. В 2-х томах// Учебник для вузов. –Москва, Гуманитарный издательский центр, Владос, 2000. том 1. –С.369
5. Производство азотной кислоты в агрегатах большой единичной мощности / Учебное пособие. Под ред. В. М. Олевского. – Москва, Химия, 1985.
6. Производство аммиачной селитры в агрегатах большой единичной мощности / учебное пособие. Под ред. В. М. Олевского. – Москва, Химия, 1990.
7. Кучерявый, В. И., В. В. Лебедев. Синтез и применение карбамида / Учебное пособие. – М.: Химия, 1970.
8. Атрощенко, В. И. Методы расчетов по технологии связанного азота / Учебное пособие. – Киев, Высшая школа, 1998.
9. Воробьев, Н. И. Технология связанного азота и азотных удобрений/ Тексты лекций для студентов очной и заочной форм обучения. – Минск, БГТУ, 2011. – С.216.

10. Ильин А.П., Роот Л.О. Высокотемпературное химическое связывание азота воздуха. Известия Томского политехнического университета. 2012. Т. 321. № 3
11. Демиденко И.М и др. Аммиак. Вопросы технологии /– Донецк: ГИК «Новая печать», ООО «Лебедь», 2001.
12. Химическая технология неорганических веществ: учеб. пособие: в 2 т. / под ред. Т. Г. Ахметова. – М.: Высшая. школа, 2002. – Т. 1, 2.
13. Бесков И.С. Общая химическая технология// Учебник для вузов. –Москва, Академкнига, 2005. С.452. с ил:.
14. World fertilizer trends and outlook to 2019/IFA Annual Conference. 11-13 June. 2019. Montreal (Canada)
15. Н.И.Воробьев. Технология связанного азота и азотных удобрений / Тексты лекции. –Минск, БГТУ, 2011. –С.216
16. Захаренко В.А. Мировые тенденции производства и использования минеральных удобрений / Агрохимия. 2000. № 5. С. 14-15.
17. Гулмира Худайберганава. Минерал ўғитлар қўллашнинг литосфера экологиясига таъсирини маҳаллий деҳқончилик шароитида ўрганиш (Маккажўхори мисолида). Магистрлик дисс.УргДУ. -Урганч, 2011. 63 б.
18. Сабиров А.М., Хузиахметов Р.Х. Патент на изобретение № 2457666 от 10 августа 2012 г. Способ получения медленнорастворимое азотное удобрение.
19. Тошкент оқшоми газетаси. 2018 йил 17 октябр. №195 (13.792)
20. Ильин А.П., Громов А.А., Толбанова Л.О. Явление химического связывания азота воздуха с образованием кристаллических фаз нитридов при горении порошкообразных металлов, бора и кремния. Электронный научный журнал. Современные проблемы науки и образования. ИССН 2070-7428
21. Быкова М.Ю. Метод повышения эффективности получения газового топлива в технологии ЛУГЭК: Горный информационно-аналитическая

бюллетень (научно-техническая журнал). Специальный выпуск. Горная книга. –Москва, 2013. №11. -8 с.

22. Назирова Рахнамохон Мухторовна. Маҳаллий хомашё асосида фосфор, калийли ва азот, фосфор, калийли мураккаб ўғитлар олишнинг интенсив технологиясини ишлаб чиқиш. Фалсафа доктори ((PhD) диссертацияси. 2018

23. Маматалиев Абдурасул Абдумаликович. Аммиакли селитра суюқланмаси, аммоний сульфати ва фосфогипс асосида азот-олтингугуртли ўғитлар олиш технологияси. Фалсафа доктори ((PhD) диссертацияси. 2018

24. Абдуллаева Марғуба Толибжоновна. Арбамид ва нитрат аммоний асосида таркибида физиологик фаол модда сақлаган суюқ азотли ўғит олиш. Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси. 2018

25. Турдиалиев Умид Мухтаралиевич. Аммоний нитрат суюқланмаси ва бентонит гиллари асосида ёпишқоқлиги ва портловчанлик ҳавфи бўлмаган аммиакли селитра олиш технологияси. Фан доктори (DSc) диссертацияси. 2018

26. Икрамов Мубошир Хамидович. Маҳаллий хомашё асосида суспензияланган мураккаб ўғит олишнинг рационал технологиясини ишлаб чиқиш. Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси. 2019

27. Азимов Сайдуллобек Хамидович. Карбон кислоталарнинг моноэтаноламмонийли тузлари билан модификация қилинган суюқ азотли ўғит олиш технологияси. Фалсафа доктори ((PhD) диссертацияси. 2019.

28. Мишин В.М. Переработка природного газа и конденсата / Учебник. –Москва, Академия, 1999. –С.448

29. <http://wikipedia.org.co.uz>

30. <http://www.uz>

31. <http://www.books.google.co.uz>. Фиксация атмосферного азота.

32. <http://www.Maxam-CHirchiq.uz>. Саноат катализаторлари.

33. <http://www.chemicalnow.ru/chemies-5827-1.'tml>. Научная литература / Химия в хозяйстве / Азотные удобрения.

34. <http://www.Ziyonet.uz>

35. <http://uchportal.ru>