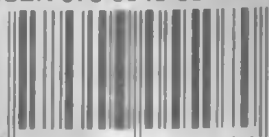




*Cho'lon nomidagi
nashriyot-matbaa ijodiy uyi*

ISBN 978-9943-05-513-1



9 789943 055131

S.M. TUROBJONOV, T.T. TURSUNOV,
K.M. ADILOVA

ATROF-MUHIT KIMYOSI

oqova suvlari, shlak, shlam va boshqa holatlarda atrof-muhitga kelib tushadi. Ushbu chiqindilar turli xil noorganik va organik moddalardan tashkil topgan bo'lib, ular atmosfera havosini, tabiiy suv havzalarini, tuproqlarni zaharlab, o'simliklar va hayvonot olamiga hamda inson salomatligiga katta zarrar yetkazmoqda.

Lekin sanoat rivojlanishini fan-texnika taraqqiyotini to'xtatib bo'lmaydi, chunki bu yer sharidagi aholining yashash sharoitlarini keskin yomonlashib ketishiga va global muammolarni yana ham keskinlashishiga olib kelishi mumkin. Shu bilan birga fan yutuqlari inson va tabiatning o'rtasidagi munosabatlarni murakkablashtirilishi bilan bir vaqtda paydo bo'layotgan muammolarni yechish uchun ham katta imkoniyatlar yaratadi. Bunda kimyo faniga alohida e'tibor qaratiladi, chunki barcha ifloslantiruvchilar — bu kimyoviy moddalar. Kimyoviy birikmalar atrof-muhitga kelib tushgandan so'ng unda uzoq vaqt saqlanib turishi, to'planishi yoki turli yo'llar orqali chiqib ketishi mumkin yoki o'zaro bir biri va biosferaning komponentlari bilan reaksiyaga kirishib, yangi ikkilamchi ifloslantiruvchi moddalarni hosil qilib, flora va faunaga zararli ta'sir ko'rsatishi mumkin.

Ma'lumki, hozirgi zamon biosferasining holatini belgilovchi jarayonlar atmosfera, gidrosfera, litosfera va tirik organizmlardagi fizik-kimyoviy o'zgarishlarga bog'liq. Bu o'zgarishlar esa faqatgina tabiiy omillarga emas, balki antropogen omillarga ham bog'liqdir. Bu o'zgarishlarni kimyo fanining turli yo'nalishlari bo'lgan geokimyo, agrokimyo, fotokimyo, gidrokimyo va biokimyo kabi fanlar o'rganadi. Ammo atrof-muhitda sodir bo'layotgan global o'zgarishlar biosferadagi jarayonlar bilan biogeokimyoviy sikllarning o'rtasida uzviy bog'liqlik borligi haqida dalolat beradi. Biosferaning turli qismlaridagi o'zgarishlarni va ularning bir-biriga bog'liqligini «Atrof-muhit kimyosi» fani o'rganadi.

«Atrof-muhit kimyosi» XX asrning 70-yillaridan rivojlana boshlagan fan bo'lib, u atrof-muhitga kelib tushayotgan kimyoviy moddalarning turlarini, xossalari, ularni hosil qiluvchi manbalari va miqdorini hamda ularning atrof-muhitdagi barqarorligini, biosferadagi boshqa moddalar bilan reaksiyaga kirishish xususiyatlarini hamda buning natijasida barcha tirik organizmlarga va inson salomatligiga, sanoat hamda madaniy obyektlarga yetkazayotgan zararli ta'sirini o'rganadi.

Atrof-muhit kimyosi fani umumiy kimyo fanining asosiy qonun va tushunchalariga asoslangan, lekin bu fandagi o'rganilayotgan obyektlar biosferada joylashgandir.

Ushbu fanning maqsadi — tabiiy va antropogen yo'l bilan hosil bo'lgan hamda atrof-muhitga kelib tushayotgan kimyoviy birikmalarni transformatsiya va migratsiya jarayonlarini o'rganishdir. Shu bilan birga bu fan maqsadlariga kimyoviy ifloslantiruvchi moddalarning biosferaga kelib tushishining oldini olish usullarini ishlab chiqish, chiqindilarni utilizatsiyalash, yo'q qilish, chiqindisiz texnologik jarayonlarni tashkil qilish ham kiradi.

«Atrof-muhitni muhofaza qilish va tabiiy resurslardan oqilona foydalanish» sohasidagi mutaxassislar turli xil kimyoviy ifloslantiruvchi moddalar atrof-muhitga kelib tushgandan so'ng ularning kimyoviy o'zgarishlarini va biosferadagi jarayonlarga ta'sir etishini baholash, yangi texnologiyalarni joriy etish natijasida kelib chiqayotgan salbiy oqibatlarni oldindan ko'ra bilish hamda bu oqibatlarning bartaraf etish chora-tadbirlarini ishlab chiqishni o'rganishlari va bilishlari maqsadga muvofiqdir.



502.0(075)
T-90
O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA MAXSUS
TA'LIM VAZIRLIGI

S.M. TUROBJONOV, T.T. TURSUNOV,
K.M. ADILOVA

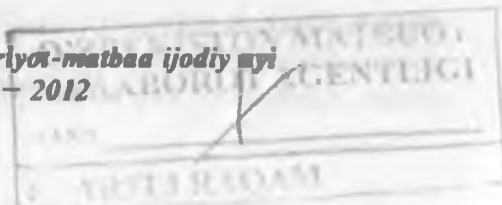
ATROF-MUHIT KIMYOSI

*Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi tomonidan texnika oliy
o'quv yurtlarining 5850100 – «Atrof-muhit muhofazasi» yo'nalishi
talabalari uchun o'quv qo'llanma sifatida tavsiya etilgan*

BUXORO MUHOVIJAT
TEKNOLOGIYA INSTITUTI

Cho'lpon nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy xoti
REESTR № 45177 Toshkent – 2012

2012



УДК: 502.5 (075)

КБК 20.18ya73

T90

Taqrizchilar:

A.T. Atakuziyev — TKTI «Silikat materiallar texnologiyasi»
kafedrası professori, texnika fanlari doktori,

A. Agzamxodjayev — O'zRFA Umumiy va noorganik kimyo instituti
«Kolloid kimyo» laboratoriyasi mudiri,
kimyo fanlari doktori, professor, MANEB akademigi.

Turobjonov, S.M.

T90

Atrof-muhit kimyosi: o'quv qo'llanma/ S.M. Turobjonov, T.T. Tursunov, K. M. Adilova; O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta-maxsus ta'lim vazirligi. — Toshkent: Cho'lpon nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy uyi, 2012. — 176 b.

ISBN 978-9943-05-513-1

1. Tursunov, T.T.

2. Adilova, K.M.

Hozirgi kunda sanoat ishlab chiqarish jarayonlarida ko'p miqdorda chiqindilar hosil bo'lib, ular gaz-chang chiqindilari, oqova suvlar, shlak, shlam va boshqa holatda atrof-muhitga kelib tushmoqda. Bu chiqindilar turli xil kimyoviy moddalardan tashkil topgan bo'lib, ular biosferaga tushgandan so'ng, o'zaro bir-biri yoki biosferaning komponentlari bilan reaksiyaga kirishib, yangi ikkilamchi ifloslantiruvchi moddalarni hosil qilishi va natijada atmosfera havosini, suv havzalarini, tuproqlarni zaharlab, flora va faunaga hamda insonlarga katta zarar yetkazishi mumkin. Ushbu qo'llanma tabiiy va antropogen yo'li bilan hosil bo'lgan va atrof-muhitga kelib tushgan ifloslantiruvchi moddalarni biosferaning turli qismlarida taqsimlanishini, tarqalishi va kimyoviy o'zgarishlarini o'rganishga qaratilgan.

Mazkur o'quv qo'llanma 5850100 — Atrof-muhit muhofazasi yo'nalishi bo'yicha ta'lim olayotgan talabalar hamda barcha ekologiya sohasida faoliyat ko'rsatayotgan o'qituvchi, aspirant va xodimlar uchun mo'ljallangan.

УДК: 502.5 (075)

КБК 20.18ya73

ISBN 978-9943-05-513-1

© S.M. Turobjonov va boshqalar, 2012

© Cho'lpon nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy uyi, 2012

KIRISH

Bugungi kunda ekologik muammolar va atrof-muhitni muhofaza qilish eng dolzarb masalalardan biriga aylanib qoldi. O'zbekiston respublikasi mustaqillikka erishgandan so'ng ekologik muammolarga katta ahamiyat qaratilmoqda. O'zbekiston respublikasi Prezidenti I.A. Karimovning «O'zbekiston XXI asr bo'sag'asida: xavfsizlikka tahdid, barqarorlik shartlari, taraqqiyot kafolati» asarida ekologik muammolarga alohida e'tibor qaratilishi zarurligi ta'kidlangan. Hozirgi kunda fan-texnika taraqqiyoti jadal sur'atlar bilan rivojlanib bormoqda. Dunyoning jo'g'rofiy-siyosiy tuzilishi o'zgarmoqda. Bunday sharoitda insonlar tomonidan biosferaga ko'rsatilayotgan zararli ta'sirni tartibga solish, ijtimoiy taraqqiyot bilan qulay tabiiy muhitni saqlab qolishni uyg'unlashtirish, inson va tabiatning o'zaro munosabatlarida muvozanatga erishish muammolari dolzarb bo'lib qolmoqda.

Hozirgi kunda O'zbekistonda ekologik jihatdan murakkab vaziyat vujudga kelgan bo'lib, u quyidagi muammolardan iborat:

- yerning cheklanganligi va uning sifat tarkibining pastligi, yerlarning nihoyat darajada sho'rlanganligi;
- suv zaxiralari, shu jumladan, yer usti va yer osti suvlarining keskin taqchilligi hamda ifloslanganligi;
- Orol dengizining qurib borish xavfi;
- atmosfera havosining ifloslanishi.

Bu muammolarni hal qilish uchun barcha sanoat korxonalarida kam chiqindili va chiqindisiz texnologik jarayonlarni tashkil qilish, tabiiy resurslardan, xomashyo va materiallardan to'liq foydalanishga qaratilgan hamda chiqindilarning miqdorini kamaytirish hisobiga ularning atrof-muhitga yetkazayotgan zararli ta'sirini kamaytiradigan yopiq tizimli ishlab chiqarish jarayonlarni rivojlantirish va amaliyotda qo'llash maqsadga muvofiqdir.

Hozirgi kun talablariga texnologik jarayonlarning ekologik jihatdan javob bermasligi sababli barcha sanoat ishlab chiqarish korxonalarida katta miqdorda chiqindilar hosil bo'lib, ular gaz chiqindilari, sanoat

1-bob. YERNING PAYDO BO'LISHI VA TUZILISHI

1.1. Yerdagi evolutsion jarayonlar

Yer shari 4,6 mlrd. yil avval koinotda yuz bergan katta portlash natijasida gaz-chang bulutidan paydo bo'lgan va hozirgi holatiga kelguncha bir necha evolutsiya bosqichlardan o'tgan.

Boshlang'ich atmosferadagi issiqlik ta'sirida hosil bo'lgan gazlar asosan vodorod, metan, uglerod oksidlari, karbonat kislotasi, ammiak, oltingugurt ангидриди, vodorod sulfid va boshqa gazlardan hamda suv bug'laridan tashkil topgan bo'lib, ularning tarkibida erkin kislorod bo'lmagan. 4 mlrd. yil avval suv bug'larining kondensatsiyasi natijasida gidrosfera hosil bo'lgan.

Yerda hayot paydo bo'lishidan avval atrof-muhitda organik moddalar hosil bo'lib to'planib borgan. Birinchi organik moddalar metan, karbonat ангидрид, vodorod, suv bug'lari, ammiak gazlaridan quyosh radiatsiyasi ta'sirida hosil bo'lgan. Quyosh energiyasi ta'sirida avval uglevodorodlar, aldegid va ketonlar, karbonat kislotasi hamda aminokislotalar hosil bo'lgan.

Bu moddalar esa organik moddalarning aylanma harakatiga kirishib, destruksiya va sintez jarayonlari natijasida murakkab organik moddalarni hosil qilgan. Bu moddalar gidrosferada to'plangan. Birinchi sodda tirik organizmlar okean suvlarida paydo bo'lgan, chunki suv ularni quyoshning ultrabinafsha nurlaridan himoyalab, hayotning rivojlanishiga imkon yaratgan.

Yer o'z evolutsiyasi jarayonida quydagi asosiy bosqichlardan o'tgan:

– 3,8 mlrd. yil avval suvda birinchi mikroorganizmlar paydo bo'ladi va fotosintez jarayoniga kirishadi. Ularning faoliyati natijasida atmosferadan uglerod oksidi ajratib olinadi va erkin kislorod hosil bo'lib, atmosferada to'planib boradi. Fotosintezni amalga oshiruvchi organizmlar faoliyati natijasida atmosfera anaerob qaytaruvchi holatidan aerob oksidlovchi holatiga o'tgan.

Arxey davrining boshida (3,5 mlrd. yil avval) ko'k-yashil suv o'tlarining fotosintez jarayoni natijasida hosil bo'lgan erkin kislorod

atmosfera gazlarini oksidlab, metan va uglerod oksidini karbonat kislotasiga, ammiakni esa molekular azot shakliga o'tkazadi:



2,5–1,9 mlrd. yil avval karbonat kislotasi dengiz suvlarida erib, ularni boshlang'ich xloridli suvdan xloridli-karbonatli suvga aylantirgan. Shu bilan birga karbonat kislotasining kalsiy ionlari bilan reaksiyaga kirishishi suvda birinchi – dolomit, ohak, siderit kabi karbonatli cho'kindi jinslarni hosil bo'lishiga olib kelgan:



– 1,9 mlrd. yil avval (o'rta proterozoy davri) – oltingugurt birikmalari H_2S , SO_2 , SO_3 sulfat – ion holatigacha oksidlanadi. Suvning tarkibida xlorid, sulfat va karbonatlar paydo bo'ladi. Dengiz suvlari xloridli-karbonatli-sulfatli suv holatiga o'tgan.

– 675 mln yil avval (rifey davrining oxirida) Yer qatlaminin cho'kindi jinslari tarkibida birinchi sulfat tuzli cho'kmalar hosil bo'la boshlagan.

Shunday qilib, avtotrof fotosintetik o'simliklar (dengiz o'tlari) faoliyati natijasida hosil bo'lgan kislorod atmosfera va gidrosferada to'planib, ulardagi qaytaruvchi muhitni oksidlantiruvchi muhitga o'tkaza boshlagan.

Bunday murakkab biogeokimyoviy jarayonlarning quyosh sistemasidagi hech qaysi boshqa sayyoralarida analogi bo'lmagan.

– 670–570 mln. yil (vend-kembriy davri) – kislorodning miqdori ma'lum darajaga yetib, barcha kislorod bilan nafas oladigan hayvonotlarning xilma-xil turlari paydo bo'ladi.

– 570–400 mln. yil (past fanerozoy) – ozon qatlami hosil bo'lib, tirik organizmlar suvdan quruqlikka chiqadi va yer yuzasida hayot paydo bo'ladi.

O'rmonlardagi fotosintetik o'simliklar faoliyati natijasida atmosferaning shakllanishi tugallanib, atmosfera to'liq karbonat angidrididan tozalanib hozirgi azotli – kislorodli holatiga o'tgan.

Shuni aytib o'tish kerakki, hozirgi kunda biosfera Yerning dinamik o'zgaruvchan qatlami bo'lib, to'xtovsiz harakatlanib turadi va uning o'zgarishlari davom etmoqda.

1.2. Biosferaning tuzilishi va tarkibi

Kimyoviy elementlarning atrof-muhitda tarqalishini, ularning yer qatlamidagi miqdorini aniqlash va kimyoviy o'zgarishlarini o'rganish geokimyo faniga asoslanadi. Geokimyo alohida fan bo'lib, XX asrning boshida geologiya bilan kimyo fanlarining oralig'ida shakllangan. U yerdagi kimyoviy elementlarning tarixini, ularning yer qatlamida taqsimlanishini va o'zgarishlarini o'rganadi. Geokimyo fanining rivojlanishi uchun ikkita katta kashfiyot omil bo'lgan. Bu G.G. Kirxgof va R. Bunzen tomonidan yaratilgan spektr analizi (1859-y) hamda D.I. Mendeleyev tomonidan kashf etilgan kimyoviy elementlarning davriy sistemasidir (1869-y). Spektr analizi yer qatlamining kimyoviy tarkibini o'rganish hamda avval ma'lum bo'lmagan yangi elementlarning aniqlash imkonini yaratdi, elementlarning davriy sistemasi esa atom yadrosi strukturasi o'rganish va zamonaviy atom-molekular nazariyani yaratishga asos soldi. XX asrning o'rtalariga kelib barcha tog' jinslar va minerallarni, quruqlik hamda okean suvlarining kimyoviy tarkibini o'rganish ishlari boshlanib ketdi. Olingan natijalarga amerikalik olim F.U. Klark (1847–1931-y) tomonidan ishlov berilib, 1924-yilda yer qatlamining kimyoviy tarkibi va undagi 50 ta asosiy elementning miqdori haqida birinchi ma'lumotlar chop etildi.

Geokimyo fanining rivojlanishida buyuk rus olimi, akademik V.I. Vernadskiyning olib borgan tadqiqotlari katta ahamiyatga egadir. U radioaktiv elementlarning geokimyosi, kimyoviy elementlarning migratsiyasida tirik organizmlarning roli, yer qobig'lari, ya'ni atmosfera, gidrosfera va litosferaning paydo bo'lishi hamda shakllanishi jarayonlarini o'rganishga katta hissa qo'shgan.

Bugungi kunda ishlab chiqarish jarayonlarini atrof-muhitga o'tkazayotgan ta'sirini ortib borishi sababli texnogen jarayonlarning asosiy qonuniyatlarini tushuntirib berishda, atrof-muhitning ifloslanishini oldini olishda geokimyo fanining ahamiyati juda kattadir. Texnogenez tushunchasiga insonlarning atrof-muhitga ko'rsatayotgan geokimyoviy ta'siri kiradi. Insonlar o'z tarixining ilk kunlaridan boshlab yerdagi kimyoviy elementlardan foydalanib kelishgan. Avval bu oson ajratib olinadigan, ya'ni mis, oltin, kumush, oltingugurt elementlari kabi moddalar bo'lgan. 1930-yilda ma'lum bo'lgan 88 elementdan 67 elementi ishlab chiqarish jarayonlariga kiritilgan edi. Hozirgi kunda esa insonlar sanoat ishlab chiqarish jarayonlarida yer qatlamidagi mavjud bo'lgan barcha elementlardan foydalanadilar. Har yili yer qatlamidan 100 mlrd.

tonna foydali qazilmalar, ya'ni 1 km³ quruqlikdan 670 t qazilmalar qazib olinadi. Bu esa yer yuzidagi har bir insonga 1 yilda 25 tonna foydali qazilma to'g'ri keladi. Yer ostidan 1 yilda tabiiy yo'l bilan 0,32 km³ suv chiqariladi, odamlar esa ishlab chiqarish jarayonlari va boshqa ehtiyojlar uchun har yili 4000 km³ suvdan foydalanadi. Har yili mineral o'g'it ishlab chiqarish uchun atmosfera havosidan millionlab tonna gaz holatidagi azot ajratib olinadi, uning o'rniga esa havoni ifloslantiruvchi azot oksidlari tashlanadi. Demak, inson o'z faoliyati davomida kimyoviy elementlarning migratsiyasiga ta'sir ko'rsatadi va ularning aylanma harakatini o'zgartirib yuboradi.

V.I. Vernadskiyning ko'p yillar davomida olib borgan tadqiqotlari natijasida uning biosfera haqidagi ta'limoti (1926-y) kelib chiqdi. Unga ko'ra biosfera — bu yerning tipik organizmlar va ularning yashash, mavjudlik muhitlarini tashkil etuvchi o'lik tabiatni o'z ichiga oluvchi tashqi qobig'i (sfepa) dir (bios — hayot, yashash; sphega — shar). Biosfera — tirik va o'lik materiyalarning o'zaro ta'sirlari natijasini ifodalaydi.

Biosfera quyidagi qismlardan tashkil topgan:

Atmosfera — Yerning havoli qobig'i — 25–30 km balandlikkacha;

Gidrosfera — Yerning suvli qobig'i — 10 km chuqurlikkacha;

Litosfera — Yerning tuproqli qatlami — 3–4 km chuqurlikkacha.

B.I. Vernadskiy ta'limotiga binoan biosfera quyidagi tarkibga ega:

1. Tirik moddalar — o'simliklar, hayvonlar, mikroorganizmlar.

2. Biogen moddalar — organik asosli moddalar, ular 2 turga bo'linadi:

— fitogen moddalar — o'simliklar qoldiqlaridan hosil bo'lgan ko'mir, topf, neft, gumus va boshqalar;

— zoogen moddalar — tirik organizm qoldiqlaridan hosil bo'lgan bo'r, ohak va boshqa chiqindi moddalar.

3. Kos moddalar — noorganik va magmatik moddalar asosida hosil bo'lgan tog jinslari.

4. Biokos moddalar — mikroorganizmlar ta'siri ostida tog jinslarining yemirilishi hisobiga hosil bo'ladigan cho'kindi moddalar. Masalan, tuproq, tabiiy suvlar va hokazo. Biokos modda materiyaning murakkab tuzilishi bo'lib, unda tirik biologik va mineral gazli strukturalar birlashtirilgandir.

Biosferada asosiy o'rinni «tirik modda» egallaydi. Tirik moddani o'simliklar dunyosi, hayvonlar, baliqlar, hasharotlar va mikroorganizmlar tashkil etadi. Ular biosferaning shakllanishida; atmosfera,

gidrosfera va litosferaning tarkiblarini boshqarishda; kimyoviy elementlarning taqsimlanishida; foydali qazilmalarni va tuproq qatlamining hosil bo'lishda eng faol rolni o'ynaydi.

Biosferaning asosiy funksiyalariga quyidagilar kiradi:

1. Biologik mahsuldorlik, ya'ni yerdagi barcha tirik mavjudotlarni oziq-ovqatlar bilan ta'minlash.

2. Muhitning optimal gazli va gidrologik tarkibini ta'minlash.

3. Biologik tozalash (tabiatning o'z-o'zini tozalashi, qayta tiklashi, assimillatsiya jarayonlari).

Biosfera nisbatan mustaqil bo'lgan alohida bo'laklar yig'indisidan tashkil topgan bo'lib, u mozaik tuzilishi (strukturasi)ga egadir. Biosferaning alohida faoliyat ko'rsatuvchi elementlar struktura birligini biogeosenoz deb ataluvchi ekologik sistemalar tashkil etadi. Biogeosenoz — bu biotik, topografik va iqlimiy jihatdan, bip xil bo'lgan abiotik muhitdagi o'zaro bog'liq bo'lgan o'simliklar va hayvonlar yig'indisidan iboratdir.

Biogeosenozning tarkibiga quyidagi komponentlar kiradi:

— fitosenoz — o'simliklar yig'indisidan tashkil topgan komponenti;

— zoosenoz — hayvonotlar yig'indisi;

— mikrobiosenoz — mikroorganizmlar yig'indisidan tashkil topgan bo'lib, mikroblar biogeokomplekslarini hosil qiladi.

Bu komponentlar biogeosenozning tirik qismini tashkil qiladi:

— tuproq va tuproq-grunt suvlari biogeosenozdagi boshqa komponentlar (o'simliklar, hayvonotlar) bilan birgalikda edafotop qismini hosil qiladi;

— atmosfera — biosferaning boshqa komponentlari bilan birgalikda klimatopni hosil qiladi;

— atmosfera bilan tuproq biogeosenozning kos moddasi (jonsiz tabiat), ya'ni ekotopni hosil qiladi.

Tirik organizmlar u yoki bu biogeosenozda birga yashash uchun qulay bo'lgan turlarning moslari bilan birgalikda o'zaro moslashgan holdagina yashaydi. Bir turdagi tirik organizmlar yig'indisi populyatsiya deb ataladi. Barcha organizmlar biogeosenoz miqyosida o'zaro ozuqa bilan ta'minlanish jihatdan o'zaro uzviy bog'liqdir, ya'ni trofik (ozuqa) zanjirini tashkil qiladi.

Shunday qilib, biogeosenoz deb nisbatan bip xil hududda joylashgan va uzoq muddat davomida chiqindisiz, yopiq ishlab chiqarish jarayonini amalga oshiruvchi o'simliklar, hayvonlar va mikroorganizmlar populyatsiyalari yig'indisiga aytiladi.

1.3. Biosferada moddalar va energiyaning biokimyoviy aylanma harakati

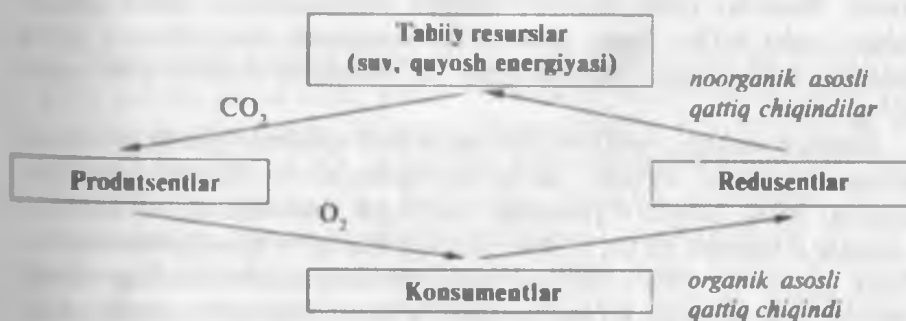
Yerdagi energiyaning asosiy manbayi — quyosh energiyasi bo'lib, uning bir qismi turli xil fizik-kimyoviy jarayonlarda, ya'ni havo oqimlarining harakatlanishida, bug'lanish, gazlarning yutilishi va ajralishi, minerallarning erishi va boshqa jarayonlarga sarflanib ketadi. Quyosh energiyasining bir qismi esa sarflanmasdan uzoq vaqtga bog'lanishi ham mumkin. Bu jarayon fotosintez hisobiga organik moddalarni hosil qilishda amalga oshiriladi. Quyosh energiyasi keyinchali ko'pchilik biokimyoviy jarayonlarni amalga oshirishda ishlatiladi.

Moddalarning biotik aylanma harakati yopiq sistema shakliga bir necha milliard yillar davomidagi evolutsion rivojlanish natijasida kelgan bo'lib, u quyidagi asosiy uch guruh organizmlar hisobiga amalga oshiriladi (1-rasm):

1. Produsentlar (ishlab chiqaruvchilar) — ya'ni avtotrof organizmlar. Biosferadagi asosiy produsent — bu yashil o'simliklar.

2. Konsumentlar (iste'molchilar) — ya'ni, avtotrof organizmlar hisobiga yashovchi geterotrof organizmlar. I tarkibli konsumentlariga fitoplanktonlar bilan oziqalanuvchi ba'zi bir baliqlar kiradi. II tarkibli konsumentlarga esa yirtqich va parazit organizmlar kipadi.

3. Pedusentlar (qayta tiklovchilar) — ya'ni, parchalanayotgan organizmlar bilan ozuqalanuvchi hayvonlar. Ularga bakteriya va mikroorganizmlar kiradi.



1-rasm. Biosferada moddalarning aylanma harakati.

Yuqoridagi sxemadan ko'rinib turibdiki, yashil o'simliklar, ya'ni produsentlar quyosh energiyasi ta'sirida fotosintez jarayonini amalga oshirishi hisobiga boshlang'ich tirik moddani va kislorodni hosil qiladi.



Hayvonlar (konsumentlar) esa o'simliklarni iste'mol qiladi, kislorod bilan nafas oladi va CO_2 bilan organik asosli qattiq chiqindilarni hosil qiladi.

O'lgan hayvonlar va o'simliklarni esa hasharotlar, bakteriyalar qayta parchalab mineral moddalar yoki oddiy organik birikmalarga aylantirib beradi. Ular esa tuproqqa tushganligi tufayli yana qaytadan o'simliklar tomonidan iste'mol qilinadi (ya'ni, noorganik asosli qattiq chiqindilar — produsentlar uchun o'g'it vazifasini o'taydi). Ushbu jarayonning uzluksizligi, yopiqligi oxirgi mahsulotlarning doimiy parchalanishi hisobiga ta'minlanadi.

Hozirgi zamon biosferasi organik dunyo va o'lik tabiatning uzoq vaqt davomidagi evolutsiyasining natijasidir. Biosferadagi ishlab chiqarish jarayoni bizni o'zining xomashyodan tejimli foydalanishi, qayta ishlab chiqarishning yuqori takomilligi hamda ishlab chiqarish chiqindilarini shu sistemaning ichida hosil bo'lgan zahoti yo'qotilishi bilan ajablantiradi.

Alohida olingan populatsiya — maxsus qo'shimcha mahsulot ishlab chiqarish korxonasi hisoblanib, bir qancha chiqindilarni hosil qilib o'zidan keyin qoldiradi. Masalan: ma'lum tur daraxtlar populyatsiyasi yiliga o'zidan barglar, qurigan shoxlar, ildiz va to'nkalarni qoldiradi. hayvonlar populyatsiyasi eca o'zidan keyin qurigan yaylovlarni qoldiradi. Shunday qilib, alohida olingan populatsiyalar ishlab chiqarishga qodir bo'lsa ham, lekin to'planayotgan chiqindilarni qayta ishlashga qodir emas. Populatsiyalar yig'indisigina chiqindilarni qayta ishlay oladi.

Shuning uchun, atrof-muhitni muhofaza qilishning ilmiy asoslarini ishlab chiqishda, avvalo, tabiat qonunlarini va nihoyat insoniyat jamiyati bilan tabiat o'rtasidagi bog'liqlik qonunlarini mukammal ravishda o'rganish zarur, chunki hozirgi kunda ro'y berayotgan ko'pchilik falokatlar aynan shu bog'liqlik qonuniyatlarini hisobga olmay insonlarning tabiatga ko'rsatayotgan ta'sirlari oqibatidan kelib chiqmoqda.

Biosfera o'zining sig'im chegarasiga va chidamlilik ostonasiga ega. Uzoq vaqt davomida tabiat har doim bizga cheksiz xizmat ko'rsatadi deb tushunilar edi. Lekin bugungi kundagi ahvol shuni isbotlab turibdiki, tabiat insonlarni o'ylamay, haddan tashqari ko'p ko'rsatadigan

ta'sirlariga bardosh bera olmas ekan, ya'ni u o'z-o'zini qayta tiklashga ulgura olmayapti.

Demak, tabiatning har bir elementi o'zining ma'lum «sig'im chegarasiga» ega ekan. Antropogen ta'sir bu chegaradan oshib ketsa, u yemirila boshlar ekan. Masalan, bir vaqtlar gullab yashnab turgan Tigr va Yefrat vodiylari sug'orish sistemasining noto'g'ri tuzilganligi va qishloq xo'jalik ekinlarining ko'p ekilganligi tufayli tuproq erozyasi hamda tuzlanish jarayonlari hisobiga cho'lga aylanib qolgan. Uralsk-Voljsk cho'llari ham chorvaning noto'g'ri boqilishi hisobiga hosil bo'lgandir. Oxirgi vaqtlarda yana shunday ekologik inqirozlardan biri — bu Orol dengizining qurishi hisobiga uning atrofiga cho'llarning kengayib, tuproqda tuz miqdorining ortib borishidir. Natijada ichimlik suvining sifati yomonlashib, kasallik turlari ortib bormoqda. Atrof-muhitning tabiiy holatining buzilish darajasi nafaqat antropogen ta'siriga, balki tabiat elementlarining aks ta'sir reaksiyasi va xossalariga ham bog'liqdir. Tabiat elementlarining aks ta'sir reaksiyasi ko'pgina hollarda notekisdir: ma'lum miqdorgacha ko'rsatilayotgan kichik ta'sir hisobiga esa tabiatda juda kuchli aks ta'sirining boshlanishiga olib kelishi mumkin. Ushbu ta'sir ekologik sistemalarning chidamlilik ostonasi deb ataladi. Biosferaga keskin va faol ko'rsatilayotgan antropogen ta'sirlar hisobiga uning ichki o'z-o'zini boshqarish mexanizmi buziladi va natijada ekologik inqiroz vaziyatiga olib keladi.

1.4. Tirik moddaning asosiy biokimyoviy funksiyalari

Tirik modda tushunchasiga barcha tirik organizmlar yig'indisi kiradi. Tirik modda ikkita katta guruh — avtotrof va geterotrof organizmlar guruhlariga ajratiladi. Avtotrof organizmlar o'z to'qimalarini suv, karbonat kislotasi va yer qatlamidagi mineral moddalardan hosil qiladi. Ular quyosh energiyasini yutib olish hisobiga tarkibidagi xlorofill ishtirokida noorganik moddalardan uglevod, oqsil moddasi va boshqa organik birikmalarni hosil qiladi. Shu bilan birga ular atrof-muhitga fotosintez jarayonining mahsuloti bo'lgan suvning parchalanishi natijasida hosil bo'ladigan kislorodni ajratib chiqaradi.

Har yili yashil o'simliklar fotosintez jarayoni natijasida 320 mlrd. tonna erkin kislorod ishlab chiqaradi.

Fotosintez jarayoni — bu Yerdagi tirik moddaning noorganik moddalardan hosil bo'lishining yagona jarayoni bo'lib qolmaydi. Tirik

modda ma'lum turdagi bakteriyalar ishtirokida turli xil noorganik moddalarni, ya'ni ammiak, oltingugurt, vodorod sulfid, ikki valentli temir, marganes, vodorod, metan va ko'mirni oksidlash jarayonida ham hosil bo'lishi mumkin. Bu bakteriyalarning faoliyati uchun quyosh nuri kerak bo'lmaydi. Ular karbonat kislotasi va suvdan organik moddalarni hosil qilish uchun kimyoviy moddalarning oksidlanish reaksiyasida ajralib chiqayotgan energiyadan foydalanadi.

Bunday bakteriyalar xemosintetik bakteriyalari, jarayon esa xemosintez deyiladi.

Inson, hayvonotlar va ayrim turdagi o'simliklar tirik moddaning geterotrof qismini tashkil qiladi. Ular to'liq avtotrof organizmlarga bog'liq bo'lgan holda yashil o'simliklar va ularning chirish mahsulotlarini iste'mol qiladi, o'simliklar ishlab chiqargan kislorod bilan nafas oladi va hokazo. Geterotrof organizmlar to'g'ridan-to'g'ri noorganik moddalardan organik birikmalarni sintez qila olmaydi va fotosintetik o'simliklar yaratgan uglevodlar va oqsil moddalarni qayta ishlash hisobiga hayot kechiradi.

Geterotrof organizmlar organik moddalarni turlicha iste'mol qiladi. Ularning ba'zi birlari o'simliklar va ularning mevalarini, boshqa birlari esa hayvonlar hamda o'simliklarning o'lik qoldiqlarini, uchinchilari esa — o'lgan hayvonlarni iste'mol qiladi.

Tirik moddaning asosiy geokimyoviy ko'rsatkichlariga uning miqdori, ya'ni biomassasi va har yili ishlab chiqarilishining hajmi kiradi. Hozirgi kundagi baholanishlar bo'yicha Yerdagi biomassaning hosil bo'lishida asosiy rolni fotosintetik yashil o'simliklar o'ynaydi va uning umumiy miqdori 2400 mlrd. tonna quruq (suvsiz) moddaga tengdir. Yerdagi tirik moddaning har yili umumiy ishlab chiqarilishi esa 230 mlrd. tonnani tashkil qiladi. Biomassaning og'irligi yer qatlamining massasidan ancha kichkina bo'lsa-da, undagi to'plangan va doimiy qayta tiklanadigan energiyaning miqdori nihoyatda kattadir. Bu energiyaning hisobiga tirik modda atrof-muhitda juda katta geokimyoviy ishni bajarish qobiliyatiga egadir.

Fotosintez jarayonida asosiy elementlar — kislorod, uglerod, vodorod elementlari bilan birga moddalarning aylanma harakatiga azot, fosfor, oltingugurt, kaliy, kremniy, kalsiy, magniy, natriy va boshqalar, ya'ni deyarli hamma kimyoviy elementlar ham kiritiladi. Bu elementlar tirik moddaning biosferadagi amalga oshirayotgan biogen migratsiyasida ishtirok etadi.

Tirik modda biosferada asosiy o'rinni egallaydi va o'ziga xos bo'lgan bir qator vazifalarni bajaradi. Tirik moddaning asosiy biogeokimyoviy funksiyalariga quydagilar kiradi:

1. Gazli funksiyalari — fotosintez va nafas olish jarayonlari natijasida o'simlik hamda hayvonotlarning atrof-muhit bilan gaz almashinish jarayonlaridir. Ular quyidagilardan iborat:

- kislorodli — karbonatli funksiyasi-uglerod oksidini yutib erkin kislorodni hosil qilish va ularning balansini ma'lum darajada saqlab turishdan iborat;

- azot funksiyasi — tirik organizmlar tomonidan ma'lum vaqtga azotning bog'lab olinishi (oqsil moddalarni, aminokislota, DNK molekularining hosil qilish jarayoni) keyin esa tirik moddalarning parchalanishi natijasida azotni qayta atmosferaga ajratib chiqarishdan iborat bo'lgan funksiyadir. Tirik moddaning bu ikkita funksiyasi atmosfera havosining tarkibini hosil qiladi va saqlab turadi;

- uglevodorod funksiyasi — kislorodsiz muhitda organik qoldiqlarni mikrobiologik parchalash natijasida metan va boshqa uglevodorodlarni hosil qilishdan iborat. Bu jarayon tuproq, loyqalar va botqoqlarda amalga oshiriladi;

- vodorod sulfid funksiyasi — yer ostida kislorodsiz muhitda maxsus sulfotredusirlovchi bakteriyalar ishtirokida karbonat angidrid va vodorod sulfidni hosil qilish jarayonidir. Bu funksiyaning ahamiyati juda katta, chunki u bilan sulfid ruda konlarini hosil bo'lishi bog'liqdir.

2. Oksidlash-qaytarish funksiyasi — atrof-muhit bilan modda va energiya almashinish jarayonlaridir. Dissimilyatsiya jarayonlarida organik moddalar oksidlanib issiqlik energiyasi ajralib chiqadi va ATF molekularida akkumulatsiyalanadi. Assimilyatsiya jarayonlarida esa hayvonotlarning ozuqa moddalarni iste'mol qilish va ularni qayta ishlash hamda yashil o'simliklarning fotosintez jarayonlari hisobiga organizmga kerakli bo'lgan kimyoviy moddalar hosil bo'ladi. Bunda ATF molekulasidagi energiyadan foydalaniladi.

3. Konsentratsion funksiyasi — atomlarning biogen migratsiyasi natijasida tirik organizmlarning ma'lum elementlarni bog'lab o'zida to'plashi va o'lgandan keyin atrof-muhitga qaytarib berishi. Tirik organizmlar tarkibida asosiy elementlar, ya'ni kislorod, vodorod, uglerodlardan tashqari barcha boshqa kimyoviy moddalar aniqlangan bo'lib, ularning miqdori turli xil organizmlarda farqlanib turadi. V.I. Vernadskiy bo'yicha organizmning kimyoviy tarkibi uning qaysi tur organizmlarga mansub ekanligini belgilaydi. Ma'lum turdagi organizm-

larda u yoki bu elementning miqdorining boshqa elementlarga nisbatan keskin oshib ketishi mumkin. Bu ularning konsentratsion funksiyasini namoyon qiladi. Masalan, biogen karbonatlarning hosil bo'lishi dengizdagi tirik organizmlarning suvli eritmalaridan kalsiy va karbonat kislotani ajratib olib, o'z tanasida to'plashiga bog'liqdir. Tirik organizmlarning orasida kremniy, oltingugurt, temir, fosfor va boshqa kimyoviy elementlarni to'playdigan turlari mavjud.

4. Biokimyoviy funksiyalari — ular sayyoraning barcha tarkibiy qismlariga, ya'ni litosfera, gidrosfera va atmosferaga tarqalgan bo'lib, tirik organizmlardagi yashash davrida hamda o'lgandan keyingi amalga oshib turadigan biokimyoviy jarayonlarni ta'minlab turadi. Bu funksiyalar tirik organizmlarning oziqalanish, nafas olish, ko'payish, parchalanish va chirish jarayonlari bilan uzviy bog'langandir.

Geokimyoning asosiy qonunlaridan biri — bu biologik aylanma harakati qonunidir. Unga binoan atomlar tirik organizm tomonidan bog'lab olinadi va energiya bilan zaryadlanib, geokimyoviy akkumulyatorlarga aylanadi. Organizm o'lgandan keyin esa ular tirik moddadan chiqib ketadi va to'plagan energiyasini atrof-muhitga qaytarib beradi. Bu ajralib chiqqan biogen energiya asosan suv orqali tarqaladi va atrof-muhitda katta kimyoviy ishlarni bajarishi mumkin.

Modda (atom)larning bunday biologik aylanma harakati to'liq yopiq zanjirli tizimni hosil qilmaydi, chunki moddalarning bir qismi aylanma harakatdan ajralib chiqadi va yer qatlamida organogen ohaklar, gumus, torf, ko'mir hamda boshqalar shaklida ko'miladi va uzoq vaqt saqlanib turadi.

Biosferadagi moddalarning aylanma harakati nihoyatda murakkab jarayon bo'lib, u o'z ichiga gidrosfera, litosfera, atmosferani hamda hayvonot va o'simlik dunyosini qamrab olgandir. Aylanma harakatda asosiy o'rinni biosferaning tashkil qiluvchi funksional sistemalar, ya'ni tirik organizmlar populyatsilari va ularning hayot kechirish muhitini (biogeosenozlar) egallaydi. Tabiatdagi moddalarning faol sirkulyatsiyasi, to'planishi, transformatsiyasi jarayonlari asosan atmosferaning pastki qavatlarida amalga oshiriladi. Biosferaning asosiy biokimyoviy sikl (aylanma harakat)lariga uglerod, azot, kislorod, suvlarning aylanma harakatlari kiradi.

Uglerodning aylanma harakati. Uglerod tirik organizmlardagi jarayonlarning asosini tashkil etadi, shu bilan birga uglerod katta miqdorda insonlarning xo'jalik ishlab chiqarish jarayonlariga ham kiritiladi. Atmosferadagi karbonat angidrid gazi produsent organizmlar

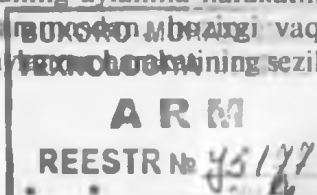
uchun asosiy uglerod manbai hisoblanadi. Yashil o'simliklar biomassani hosil qilish uchun har yili atmosferadan $16 \cdot 10^{10}$ t CO_2 ajratib oladi. Fotosintez natijasida u glukozaga, keyingi biosintez jarayonlarida esa lipid, protein va boshqa organik moddalarga aylanadi. Tirik organizmlarning nafas olish jarayonlarida uglerodning bir qismi CO_2 shaklida yana atmosferaga qaytariladi. Tirik organizmlar o'lgandan keyin esa organik qoldiqlarning chirishi va mineralizatsiya jarayonlari natijasida CO_2 to'liq atrof-muhitga qaytariladi hamda sikl yopiladi. Bu aylanma harakat ma'lum sharoitlarda sekinlashishi ham mumkin. Bunda nobud bo'lgan o'simliklar va hayvonotlarning qoldiqlari tuproqda gumus yoki botqoqlarda torf bo'lib to'planadi. Natijada ko'mir, neft, suvli muhitda esa ohak konlari hosil bo'ladi.

Insonlarning xo'jalik faoliyatlari aylanma harakatdan chiqarilgan va zaxiralarda to'plab qo'yilgan uglerodning yana aylanma harakatga qaytarilishini tezlashtiradi. Uglerodning biologik zaxiralardan qaytarilishi asosan yoqilg'i yoqish jarayonlarida amalga oshiriladi. Bu jarayonlar natijasida atmosferaga juda ko'p miqdorda CO va CO_2 gazalari tushadi. Bundan tashqari, metallurgiya va kimyo sanoati, qurilish materiallarini ishlab chiqarish jarayonlari (ohak kuydirish, sement olish va hokazo) ham uglerod oksidining ko'payishiga o'z hissasini qo'shadi. Karbonatli tuproqlarning ustiga kislotali yomg'irlar yog'ishi natijasida havoga yana qo'shimcha CO_2 tushadi. Umuman olganda, insonlarning xo'jalik faoliyati natijasida har yili atmosferaga kelib tushayotgan karbonat angidridining miqdori uning tabiiy yo'l bilan tushishidan 100–150 barobar ko'p bo'lib, CO_2 ning biogen kelib tushishi miqdoridan 10% ni tashkil qiladi.

Dunyo okeani ortiqcha karbonat kislotasini yutib olib, uni saqlab turuvchi rezervuar vazifasini bajaradi. Atmosferada CO_2 ning miqdori ortishi bilan suvda karbonat kislotasining miqdori ortib boradi va uning metall ionlari bilan reaksiyasi natijasida suvda karbonatlarning miqdori ortadi. Bikarbonatlarni parchalanishi natijasida karbonatlar cho'kmaga tushadi va CO_2 ning bir qismi atmosferaga qaytariladi:



Hozirgi kunda atmosferadan CO_2 ni yutilishi hisobiga yer qatlamida karbonatlar shaklida $20 \cdot 10^{10}$ t CO_2 saqlanadi. Shunday qilib, Dunyo okeani bufer vazifasini bajaradi va uglerodning aylanma harakatining buzilishini yumshatib turadi. Shunga qaramay, hozirgi vaqtda antropogen ta'sirlar natijasida uglerodning atmosferadagi kontsentratsiyasi sezilarli



darajada buzilishi kuzatilmoqda. Oxirgi 100 yil davomida CO_2 ning miqdori 10–15% ga ortgan. Bu birinchi navbatda iqlimning o'zgarishiga olib kelmoqda, chunki CO_2 gazi quyosh nurlanishini yer yuzasiga o'tkazib yuboradi, yerdan chiqayotgan issiqlik nurlanishni esa ushlab qoladi va natijada «issiqlxona effektiga» olib keladi.

Azotning aylanma harakati. Azotning aylanma harakati boshqa elementlarga nisbatan ancha murakkabdir. Atmosfera azotga juda boy bo'lsa ham ko'pchilik o'simlik va hayvonotlar uni to'g'ridan-to'g'ri gaz holatida bog'lay olmaydi. Biologik jarayonlarda azot faqat bog'langan holda, ya'ni organik moddalar (mochevina, oqsil moddalar, nuklein kislotalari) va noorganik moddalar (ammiak, nitrat, ammoniy tuzlari) shaklida ishtirok etadi. Gaz holatidagi azot molekularining organik va noorganik shakllarga o'tkazish jarayoni fizik-kimyoviy va biologik usullar bilan amalga oshirilishi mumkin. Fizik-kimyoviy usulda atmosferada elektr razryadlari ta'sirida quyidagi reaksiyalar amalga oshadi:



Hosil bo'lgan nitritlar azot kislotasiga aylanadi. Har yili yomg'ir suvlari bilan tuproqlaraning 1 gektar maydoniga 15 t bog'langan azot kiritiladi.

Azotning biologik yo'li bilan bog'lanishi jarayoni muhimroq ahamiyatga ega. Bunda ayrim turdagi bakteriyalar (tuganakli bakteriyalar) dukkakli o'simliklarning (no'hat, loviya, beda, lyuserma) ildizlarida rivojlanib, azotni nitratlarga aylantirib beradi. Tabiatda bunday azotni bog'lovchi bakteriya, zamburug' va suv o'tlarining turlari juda ko'p. Dukkakli o'simliklar tuproqni azot bilan boyitadi. Masalan, 1 ga beda ekilgan maydonda har yili 150 kg, 1 ga lyuserma maydonida esa 100 kg dan ko'p bog'langan azot hosil bo'ladi. Bu jarayon quyidagi sxema bo'yicha amalga oshiriladi:



C — organik birikmalardagi uglerod.

Biologik aylanma harakati jarayonida nitratlar oqsil modda, nuklein kislotalar birikmalarini hosil qilishda ishtirok etadi. O'lgan organizm-

larning qoldiqlari boshqa mikroorganizmlarning (bakteriya, zamburug'lar) hayot faoliyati davomida parchalanib, ammiak va nitratlarni hosil qiladi. Aylanma harakatning oxirida nitrat va ammiakli azot denitrifikator bakteriyalari ta'sirida gaz holatidagi azotga aylanadi.

Azotning biologik bog'lanishiga qo'shimcha sanoat ishlab chiqarish jarayonlari uchun ham atmosferadan katta miqdorda azot olinadi va organik hamda noorganik mineral o'g'itlarni ishlab chiqarishda ishlatiladi. Bu o'g'itlardan o'simliklarning hosildorligini oshirish uchun foydalaniladi.

Kislorodning aylanma harakati. Kislorod yerdagi biologik jarayonlarda muhim rol o'ynaydi. U ko'pgina organik birikmalarning tarkibiga kiradi va tirik organizmlar rivojlanishining asosi bo'lgan oksidlanish jarayonlarida ishtirok etadi. Kislorod ta'sirida inson va hayvonotlar organizmida modda almashinuv jarayonlari amalga oshiriladi. Tirik organizmlarning hayoti faoliyati bilan uzluksiz bog'liq bo'lgan nafas olish jarayonlari kislorodni bog'lash va CO_2 ni ajratib chiqarishga asoslangan. O'lik organizmlarning organik qoldiqlarini parchalashda ham kislorod sarflanadi.

Shu bilan birga texnologik jarayonlarda ham katta miqdorda kislorod sarflanadi. Masalan, barcha yoqilg'i yoqish jarayonlarida o'simliklarning har yili biosferadagi ishlab chiqargan kislorodning miqdoridan 10% sarflanadi.

Bundan tashqari, metallurgiya va kimyoviy korxonalaridagi jarayonlar uchun hamda chiqindilarni oksidlashga biogen yo'li bilan hosil bo'lgan kislorodning 10–16% sarflanadi.

Hozirgi kunda buning natijasida sanoati rivojlangan hududlarda o'simliklar ishlab chiqarayotgan kislorodning miqdori uni sanoatda, transportda hamda inson va hayvonotlar ehtiyojlari uchun sarflanayotgan miqdoridan kamayib ketmoqda.

1.5. Kimyoviy elementlarning atrof-muhitda tarqalishi

Yerning kimyoviy tarixini o'rganish jarayoni yer qatlamining o'rtacha tarkibini va kimyoviy elementlarning tarqalish qonuniyatlarini o'rganish, elementlarning litosferadagi nomineral shaklini aniqlash, atom va ionlarning yer qobig'larida, ya'ni atmosfera, gidrosfera hamda litosferadagi migratsiya va to'planish jarayonlarini o'rganishga asoslangandir.

Kimyoviy elementlarning yer qatlamidagi yoki uning bir qismidagi, butun Yer sharidagi hamda sayyoralar va boshqa kosmik obyektlardagi o'rtacha miqdori uning «tarqalganligi» deyiladi va aniq sonlar yordamida ifodalanadi. Bu sonlar F.U. Klark tomonidan aniqlangan bo'lib, kimyoviy elementlarning yer qatlamidagi miqdorini ko'rsatadi.

Klark sonlari ko'p marta olib borilgan tajribalar natijasida hisoblangan bo'lib, ular yer qatlamining asosiy elementlarining miqdorini aniqlash imkonini beradi. Masalan, yer qatlamining asosiy qismini, ya'ni 99,48% ni to'qqizta eng ko'p tarqalgan elementlar O, Si, Al, Fe, Ca, Na, K, Mg, Ti hosil qiladi. Qolgan 89 ta element nodir elementlar qatoriga kiradi va yerdagi barcha elementlarning umumiy miqdoridan 0,52% ni tashkil etadi.

Kislorod, kremniy va aluminiy yer qatlamining asosiy elementlari bo'lib, uning 84,55% ni tashkil qiladi. Ulardan esa kislorod elementiga yer qatlamining 47,0%, ya'ni yarimiga yaqin miqdori to'g'ri keladi.

Klark sonlarini bilish elementlarning yer qatlamida tarqalganligini aniqlash imkonini beradi. Klark soni katta bo'lgan elementlar yer qatlamidagi eng keng tarqalgan kimyoviy birikmalarni hosil qiladi, nodir va kamyob elementlar esa o'z minerallarining hosil qilish imkoni kamdir. Masalan, yer qatlamining yarimidan ko'pi (55%) asosan O, Si, Al va qo'shimcha Ca, Na, K elementlaridan tuzilgan dala shpatlari mineraliga to'g'ri keladi. Rb, Se, Y, Ra va boshqa Klark sonlari kichik bo'lgan elementlar esa o'z minerallarini hosil qila olmaydi. Asosiy tog' jinslaridan biri bo'lgan — granit massasining ham 99% yuqorida ko'rsatilgan eng ko'p tarqalgan 8 ta element, ya'ni O, Si, Al, Fe, Ca, Na, K, Mg dan tuzilgan bo'lib, bu elementlar granitni hosil qiluvchi kvars, dala shpati, sluda va boshqa minerallarning tarkibiga kiradi. Ammo maxsus asboblardan yordamida olib borilgan tadqiqotlar natijasida granit tarkibida asosiy 8 ta elementdan tashqari Ti, P, Mn, S, F, Cl, Ba, Cr, Li, Sr, Pb, Va, Ni, Cu, Zn va boshqa ko'pgina elementlar borligi aniqlangan bo'lib, ularning umumiy miqdori 1% dan ham kamdir.

Yer qatlamidagi asosiy elementlarning Klark sonlari (massa % da) quyidagicha (1-jadval):

1-jadval

Modda	Klark sonlari (massa % da)
Kislorod	47
Kremniy	29,5

Aluminiy	8,05
Temir	4,65
Kalsiy	2,96
Kaliy	2,50
Natriy	2,50
Magniy	1,87
Titan	0,45

Yer qatlamidagi miqdori kam bo'lgan elementlarning Klark sonlari esa juda kichikdir: V – 0,0090%; Cr – 0,0083% ; Ni – 0,0058%; Ar – 0,0000070%; Au – 0,00000043%.

Klark sonlarini aniqlash va tahlil qilish natijasida yerdagi barcha elementlar tog' jinslarining har bir grammida hamda tabiiy suvning har bir tomchisida mavjud ekanligi isbotlandi. Bundan tashqari, yengil elementlar, ayniqsa kislorodning yer qatlamida muhim ahamiyatga ega ekanligi ham tasdiqlandi.

Elementlarning tarqalishini o'rganish ularning migratsiya va konsentratsiya jarayonlarining geokimyoviy parametrlarini hisoblashda, foydalı qazilmalarning qidiruvida, qishloq xo'jalik va sog'liqni saqlash maqsadlarida, atrof-muhitning ifloslanganlik darajasini aniqlashda muhim ahamiyatga egadir.

1.6. Kimyoviy elementlar migratsiyasi

Kimyoviy elementlarning atrof-muhitda harakatlanishi ularning migratsiyasi deyiladi. Migratsiya jarayonlari natijasida elementlar yerning ma'lum joylaridan chiqib ketishi va boshqa joylarda to'planib borishi mumkin. Kimyoviy elementlarning migratsiyasi to'rtta turga bo'linadi:

1. Mexanik migratsiya – moddalarning havo, suv orqali, sel bilan harakatlanishi. Mexanik migratsiya jarayonida moddalar maydalanadi, parchalanadi va turli xil qatlamlarni hosil qiladi – qum, shag'al, tuproq va hokazo.

2. Fizik-kimyoviy migratsiya – diffuziya, sorbsiya, erish jarayonlari. Bu jarayonlar fizik-kimyoviy qonunlarga muvofiq amalga oshiriladi.

3. Biogen migratsiya — tirik organizmlar faoliyati bilan bog'liq bo'lgan jarayonlar. Bu jarayonlar faqat tirik organizmlarga xos bo'lgan qonuniyatlarga muvofiq amalga oshiriladi.

4. Texnogen migratsiya — insonlarning ishlab chiqarish faoliyati bilan bog'liq bo'lgan jarayonlar. Bu foydali qazilmalarni qazib olish, neft va gaz quvurlari, mahsulotlar eksport hamda importi, yerlarni sug'orish, yoqilg'i yoqish.

Tirik organizmlar atrof-muhitdan kimyoviy elementlarni tanlab ajratib oladi. Ularning bu qobiliyati biologik yutilish koeffitsiyenti bilan ifodalanadi. Bu koeffitsiyent «x» elementining o'simlik kulidagi miqdorini uning umumiy litosferadagi yoki tog' jinslarida va tuproqdagi miqdoridan qanchalik katta ekanligini ko'rsatadi:

$$A_x = \frac{l_x}{n_x},$$

bunda: l_x — x elementining o'simlikning kulidagi miqdori;

n_x — x elementining tuproq va litosferadagi miqdori.

A_x koeffitsiyenti 1 dan katta bo'lgan kimyoviy elementlar (fosfor, xlor, brom, yod, kalsiy, natriy, kaliy, magniy, stronsiy, sink, bor, selen) o'simliklarda to'planib boradi. Koeffitsienti 1 dan kichik bo'lgan elementlar esa o'simliklar tomonidan faqatgina ushlab qolinadi.

A_x koeffitsiyenti orqali atrof-muhitdagi ifloslantiruvchi moddalarning o'simliklarga ta'sirini baholab berish mumkin.

Kimyoviy elementlarning suvli muhitdagi migratsiyasini baholash uchun A.I. Perelman tomonidan K_x koeffitsiyenti tavsiya etilgan. K_x koeffitsiyenti kimyoviy elementning suvning mineral qoldiqlaridagi miqdorini uning suvli jinslardagi va tuproqdagi miqdoriga nisbatini ko'rsatadi:

$$K_x = \frac{m_x}{a \cdot n_x} \cdot 100,$$

bunda: x elementining suvdagi miqdori, g/l;

m_x — x elementining suvli jinslarda va litosferadagi miqdori, %;

n_x — suvning minerallanish darajasi, g/l.

K_x — koeffitsiyenti kimyoviy elementning migratsiyasining faolligini, uning tarqalishi va to'planishini, atrof-muhitda taqsimlanishida suvdagi migratsiyaning rolini aniqlashga imkon beradi. Kimyoviy elementlarning atrof-muhitdagi migratsiyasini o'rganish uning ifloslanishining oldini

olishda muhim ahamiyatga ega. Geokimyoyo usullari yordamida atrof-muhitda sanoat chiqindilari ta'sirida hosil bo'ladigan texnogen ifloslanish zonalarini aniqlash mumkin.

1.7. Geokimyoyiy to'siqlar

Kimyoyiy elementlarning atrof-muhitdagi migratsiyasi yo'lida ularning harakatlanishining faolligi keskin susayib ketadigan joylar uchrashishi mumkin. Natijada elementlarning shu joylarda cho'kmaga tushishi va to'planishi kuzatiladi. Masalan, bunday uchastkalar daryolar dengizga kelib tushadigan joylarda va buning natijasida sho'r hamda chuchuk suvlar aralashganda, tarkibi turlicha bo'lgan tog' jinslar kontaktga keltirilganda yoki yer osti suvlari yer yuzasiga chiqadigan joylarda paydo bo'lishi mumkin. Atrof-muhitda bir tekisdagi barqaror sharoit keskin boshqa sharoitga o'zgarib ketadigan bunday joylar geokimyoyiy to'siqlar deyiladi. Geokimyoyiy to'siqlarda kimyoyiy elementlarning harakatlanishi kamayadi va ular shu joyda to'planib qoladi.

Kimyoyiy elementlarning atrof-muhitda harakatlanish turlariga qarab geokimyoyiy to'siqlar 4 turga bo'linadi:

1. Mexanik to'siqlar — mexanik migratsiyaning to'xtashi hisobiga elementlarning to'planishi va turli minerallar, qum-shag'al qatlamlari, har xil konlarning hosil bo'lishi kuzatiladi.

2. Fizik-kimyoyiy to'siqlar — ma'lum geokimyoyiy muhit boshqa muhitga almashib qoladigan joylar. Masalan, qaytaruvchi muhit oksidlantiruvchi muhitga o'zgarganda oksidlantiruvchi to'siq hosil bo'ladi (A turi — kislorodli). Muhitning oksidlantiruvchi potentsiali pasayib ketsa, qaytaruvchi to'siq paydo bo'ladi. Ular vodorod sulfidli (B turi) va vodorod sulfidsiz (C turi) bo'lishi mumkin. Kislorodli to'siqda temir va marganes elementlari gidrooksid shaklida cho'kmaga tushadi hamda to'planadi. Shuning uchun oksidlantiruvchi muhitda hosil bo'lgan cho'kindi jinslarning rangi temir gidrooksidi hisobiga qizil, sariq va jigarrang bo'ladi.

Vodorod sulfid to'siqlarida qiyin eriydigan birikmalarini hosil qiluvchi metallar, ya'ni temir, qo'rg'oshin, ruh, mis sulfidlari cho'kmaga tushadi. Qaytaruvchi vodorod sulfidli muhitda hosil bo'lgan jinslar qora va yashil ranglarga ega bo'ladi.

Ishqoriy geokimyoyiy to'siq (D turi) kislotali sharoit ishqoriy sharoitga almashganda hosil bo'ladi. Ishqoriy to'siqda Mg, Ni, Cu, Zn, Pb, Cd, Cr, U va boshqa elementlar to'planadi. Bu elementlar

kislotali muhitda faol harakatlanadi, shuning uchun ishqoriy muhitga tushganda ularning migratsion qobiliyati keskin pasayib ketadi va ular cho'kmaga tushadi.

Bundan tashqari, fizik-kimyoviy to'siqlarga arid zonalarda hosil bo'ladigan bug'lantiruvchi to'siq (F turi), suvlarni sorbentlar bilan kontaktga keladigan joylardagi sorbsion to'siq — G turi (tuproqlar kalsiy, kaliy, magniy, rubidiy, vanadiy, kobalt, mis va boshqa elementlarni sorbsiyalaydi) va termodinamik to'siq — N turi, ya'ni bosim bilan temperatura keskin o'zgaradigan joylari ham kiradi.

3. Biogeokimyoviy to'siqlar — biogen migratsiyaning to'xtashi hisobiga o'simliklar asosida hosil bo'lgan organik moddalar to'planib ko'mir, torf konlari hosil bo'ladi.

4. Texnogen to'siqlar — texnogen migratsiyaning keskin pasayib ketadigan joylari.

Hozirgi kunda atrof-muhitning ifloslanishi va kimyoviy elementlarning atrof-muhitda tarqalishining oldini olishda sun'iy geokimyoviy to'siqlarni o'rnatish mumkin. Bunday to'siqlarda ma'lum elementlarning atrof-muhitdagi migratsiyasini to'xtatib qolish va ularni to'plash imkoni yaratiladi. Masalan, Moldaviyadagi olib borilgan tajribalar bunga misol bo'la oladi. Bu yerda uzumzorlarga bordos suyuqligi (mis kuporosi bilan so'ndirilgan ohak) bilan ishlov berilganda atrof-muhitga mis ionlari tarqalib ketadi. Mis suv bilan yuvilib o'nglab km havo orqali 5 km gacha, qattiq moddalar bilan — 15 km gacha tarqalishi mumkin. Buning natijasida tuproqlarda ko'p yillar davomida katta miqdorda mis to'planib qolgan. Texnogen mis kislotali va neytral muhitda faol harakatlanadi, ishqoriy muhitda esa ($\text{pH}=8,0$) qiyin eruvchan mis gidroksidi yoki asosiy karbonat $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$, ya'ni malaxit mineralini hosil qiladi. Demak, uzumzorlar atrofida chuqurlik qazib, ohak bilan to'ldirilsa suv bilan kelayotgan mis ohak bilan reaksiyaga kirishadi va mis ionlarini ushlab qolish imkoni paydo bo'ladi. Bunday sun'iy geokimyoviy to'siqlarni boshqa elementlar yo'nalishida ham o'rnatish mumkin.

1.8. Yerning ichki tuzilishi va yer qatlamining strukturalari

Bizning sayyoramizda doimiy ravishda murakkab geokimyoviy jarayonlar amalga oshib turadi. Bu jarayonlarni tushunish uchun, avvalambor, Yerning tuzilishini bilish kerak. Quyosh sistemasidagi

barcha sayyoralar o'ziga xos bo'lgan qobiqli tuzilishga ega, ya'ni ular bir nechta tarkibi va tuzilishi bilan farqlanib turadigan qobiqlardan yoki konsentrik sferalardan tuzilgandir. Yerning qattiq qismi atmosfera, ya'ni gazli qobiq bilan o'ralgan bo'lib, u bir nechta tarkibi va xossalari har xil bo'lgan sferalardan tashkil topgan. Sayyoramizning qattiq qismi assimetrik tuzilishga ega. Uning ekvatorial radiusi 6378 km, qutbiy radiusi esa 6357 km ga teng, ya'ni farqi 21 km ni tashkil qiladi.

Yerning tashqi qobig'i yer qatlami deyiladi. Yer qatlamining eng maksimal balandligi 8848 m (Djomolungma cho'qqi), eng chuqur joyi esa 11022 m ga teng (Tinch okeanidagi Marian chuqurligi).

Yerning ichki tuzilishini o'rganishda asosan geofizik tadqiqotlar usuli qo'llanadi, ya'ni zilzila va portlashdagi hosil bo'lgan to'lqinlarning yerda tarqalishini o'rganish. Qattiq jismda portlash o'chog'idan turli xil to'lqinlar tarqaladi. Bu to'lqinlar ikki xil bo'lishi mumkin:

1. Bo'ylama to'lqinlar — to'lqin yo'nalishidagi siqilish va cho'zilishlar.

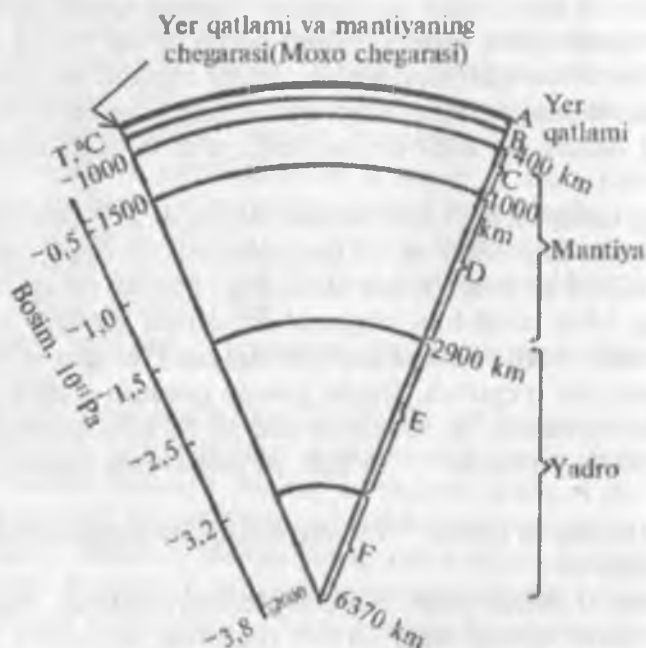
2. Ko'ndalang to'lqinlar — to'lqinga nisbatan perpendikular yo'nalishda siljishlardir.

Bo'ylama to'lqinlar qattiq jismlarda tezroq tarqaladi, bundan tashqari, ular ham qattiq ham suyuq muhitda tarqalishi mumkin. Ko'ndalang to'lqinlar esa faqat qattiq jismlarda tarqaladi. Agar modda ko'ndalang to'lqinlarni o'tkazmasa, ya'ni ularni qaytarib yuborsa, demak, bu moddaning suyuq holatda ekanligi isbotlanadi. Agar ikki xil to'lqinlar moddani kesib o'tsa, demak, u modda qattiq holatda bo'ladi. Shunday qilib, seysmik to'lqinlar yer sharining eng chuqur joylariga yetib borib, yerning ushbu qismi qattiq yoki suyuq moddalardan tuzilganligi haqida ma'lumot berishi mumkin. Bundan tashqari, bu to'lqinlar moddaning zichligi haqida ham ma'lumot beradi. Modda qanchalik zich bo'lsa, to'lqinlar shunchalik tez tarqaladi. Moddaning zichligi keskin o'zgarganda to'lqinlarning tezligi notekis o'zgaradi.

Ko'p yillar davomida seysmik to'lqinlarning tarqalishini o'rganish bo'yicha olib borilgan tadqiqotlar natijasida yer shari bir nechta konsentrik qobiqlardan tuzilganligi haqida hulosasi chiqarildi va yerning tarkibi hamda tuzilishi aniqlandi. 2-rasmda Yerning ichki tuzilishi sxemasi keltirilgan.

Birinchi qatlam — Moxorovich chegarasi. U yer qatlamini mantiyadan ajratib turadi. Bu qatlamda bo'ylama to'lqinlarning tezligi keskin ortib boradi (6,5—7,2 km/s dan 8,1 km/s gacha). Bu qatlam kontinentlar

tagida 25–70 km chuqurlikda, okean tubining tagida esa 4–13 km chuqurlikda joylashgandir.



2-rasm. Yerning ichki tuzilishi sxemasi:

A – yer qatlami; B – yuqori mantiya; C – mantiyaning o'tish qavati;
D – pastki mantiya; E – yuzaki yadro; F – ichki yadro.

Mantiya – yerning qattiq qobiqlaridan eng qalin qavatidir. U 2900 km chuqurlikkacha joylashgan bo'lib, Yer massasining 60% ni, hajmining 80% ni tashkil etadi. Chuqurlik bo'yicha mantiyada temperatura oshib boradi – bir necha yuz gradusdan 2–3 ming °C gacha. Shu bilan birga bosim ham ortadi (10^{10} Pa). Bo'ylama to'lqinlarning tezligi 13,6 km/s gacha oshadi va moddaning zichligi ham 5.7 g/sm³ gacha ortib boradi. Mantiyaning tarkibidagi eng ko'p tarqalgan komponenti – bu silikatlar tarkibidagi kremniy oksididir – SiO₂.

Mantiya 3 zonaga bo'linadi:

1-mantiyaning B zonasi – yuqori mantiya, Moxo chegarasidan 400 km gacha joylashgan. Temperatura 1200°C gacha oshadi. Bu yerda modda qisman suyuq holatda ekanligi taxmin qilinadi, chunki seysmik to'lqinlarning tarqalish tezligi kamayadi. Mantiyaning bunday holati

nobarqaror bo'lgan qavati astenosfera deyiladi. Yuqori mantiya asosan temir-magnezial silikatlar (olivin, piroksenlar) va alumosilikatlardan tuzilgan.

2-mantiyaning *C* zonasi — mantiyaning o'tish qavati, 400–1000 km gacha. Seysmik to'lqinlarning tezligi keskin ortib boradi. Bu zonada mantiya moddasi zichlashadi va tarkibida zichligi katta bo'lgan moddalar, ya'ni vyustit, periklaz, ohak shaklidagi FeO , MgO , CaO , SiO_2 oksidlari paydo bo'ladi.

3-mantiyaning *D* zonasi - pastki mantiya qattiq minerallardan tuzilgan bo'lib, tarkibida Fe miqdori ortib boradi. Moddaning zichligi 4,68–5,7 g/sm³ ga teng.

Yadro — 2900 km chuqurlikda joylashgan bo'lib, unda ko'ndalang to'lqinlarning tarqalishi to'xtaydi va bo'ylama to'lqinlarning tarqalish tezligi keskin kamayadi. Buning asosida yadroning *E* zonasida modda suyuq, qovushqoq holatda ekanligi aniqlangan. Yadroning markaziy qismi — *F* zonasi qattiq moddalardan tuzilganligi taxmin qilinadi, lekin bo'ylama to'lqinlarning tezligi 9–11 km/s ga teng, ya'ni pastki mantiyadagi tezlikdan kamdir. Yer yadrosi asosan suyuq temir va nikeldan hamda qo'shimcha Si va S dan tashkil topgan.

Yer qatlami yerning umumiy massasidan 1% ni tashkil qiladi. U turli xil tog' jinslaridan tuzilgan:

1-bazalt qavati — og'ir, zichligi katta bo'lgan kristallik jinslar (bo'ylama to'lqinlarning tarqalish tezligi 6,5–7,2 km/s ga teng).

2-granit qavati — yengilroq kristallik jinslar (bo'ylama to'lqinlarning tezligi 5,5–6,5 km/s ga teng).

3-cho'kindi jinslar — tog'li kristallik jinslarining yemirilish mahsuloti bo'lib, ular daryo suvlari bilan dengizlarga kelib tushgan. Cho'kindi jinslar suv havzalarining tubida va quruqliklar pastliklarida to'planib boradi. Ular hozirgi kontinentlarning 80% yuzasini qoplab olgan bo'lib, bu asosan qum, tuproq, ohak qatlamlaridir.

Cho'kindi jinslarning bir qismi qadimgi tog' jinslarining yemirilishi hisobiga hosil bo'lgan, boshqa qismi esa biosferadagi tirik organizmlarning faoliyati natijasida hosil bo'lgandir, masalan, bor, ohak, tosh ko'mir, torf.

Cho'kindi jinslarning ma'lum qismi kimyoviy yo'li bilan ham hosil bo'lishi, ya'ni yopiq suv havzalarning qurishi natijasida tuzlarning cho'kmaga tushishi hisobiga hosil bo'lishi mumkin. Masalan, shu yo'li bilan oxirgi yillarda Orol dengizi qurishi natijasida dengiz tubida gips va tosh tuzlari konlari hosil bo'ldi.

Yer qatlami tuzilishi jihatdan 2 turga bo'linadi – okeanik va kontinental turlari. Yer qatlamining kontinental turi tog'li joylarda mavjud bo'lib, uning qalinligi 35 km (quruqliklar tagida – 70 km, okean tagida – 10 km). Yer qatlamining bu turida granit qavati 20–40 km, cho'kindi jinslar – 3,5 km, bazalt qavati – 20 km ni tashkil etadi. Yer qatlamining okeanik turining qalinligi 5–10 km ga teng.

Yerning okeanik qatlami asosan bazalt materialidan, kontinental turi esa granitlardan tuzilgandir.

Yer qatlamining o'rtacha kimyoviy tarkibi oksidlarning miqdori bilan ifodalanadi (massa % da) (2-jadval):

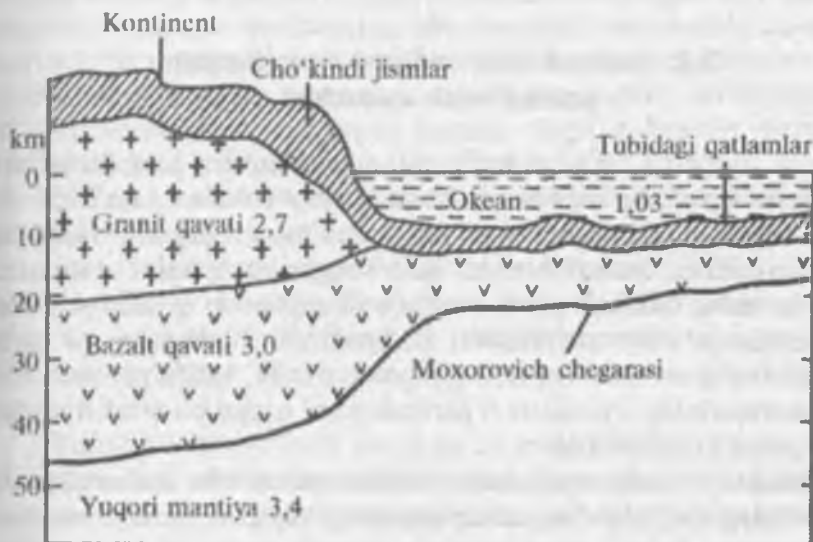
2-jadval

Modda	Massa %	Modda	Massa %
SiO ₂	66,4	Mg	2,2
TiO ₂	0,7	CaO	3,8
Al ₂ O ₃	14,9	Na ₂ O	3,6
Fe ₂ O ₃	1,5	K ₂ O	3,3
FeO	3,0	H ₂ O	0,6
MnO	0,08	P ₂ O ₅	0,18

Seysmik to'liqlarning tarqalishini o'rganish natijasida yer qatlamining tashkil qiluvchi asosiy tog' jinslari unda uch qavat bo'lib joylashganligi aniqlangan. Birinchi qavat cho'kindi jinslardan tuzilgan. Undan pastda granit qavati joylashgan bo'lib, bu qavat hamma joyda emas, balki yer qatlamining faqatgina ma'lum uchastkalarida uchraydi (zichligi 2,7 g/sm³). Yer qatlamining eng pastki qavati og'ir, zichligi katta bo'lgan bazalt qatlamidan tashkil topgan (zichligi 3 g/sm³). Uning pastki chegarasi Moxorovich qatlamidir. 3-rasmda Yer qatlamining tuzilishi sxemasi keltirilgan.

Cho'kindi jinslarning asosiy massasi kontinentlarda to'plangan, chunki kontinental qatlamda katta-katta pastliklar – geoksinallar hosil bo'ladi. Asta sekinlik bilan pastga cho'kish natijasida ular tog' jinslarning yemirilishi mahsuloti bilan to'ldirilib boriladi. Hozirgi vaqtda geoksinallarda kontinentlardagi barcha cho'kindi jinslarning 75 % to'plangan. Okeanik turidagi qatlamda mantiya moddasi yuzaga chiqadi. Unda granit qavati bo'lmaydi, cho'kindi jinslar qavatining qalinligi juda kam va ayrim joylarda 0,5–1 km ni tashkil qiladi, uning

tagida 3–4 km qalinlikdagi bazalt qatlami joylashgandir. Yer qatlamining okeanik turida turli xil strukturalar – tog‘liklar, chuqurliklar, tekisliklar, adrlar hosil bo‘ladi.



3-rasm. Yer qatlamining tuzilishi sxemasi.
Keltirilgan sonlar moddaning zichligini g/sm^3 da ko‘rsatadi.

Nazorat savollari.

1. Yer o‘z evolutsiyasida qanday bosqichlardan o‘tgan?
2. Biosferaning shakllanishida tirik organizmlarning roli nimadan iborat?
3. Tirik moddaning qanday biokimyoviy funksiyalarini bilasiz va ularning ahamiyati nimada?
4. Qaysi elementlar yer qatlamining asosiy elementlari hisoblanadi va ular yer qatlamida qanday taqsimlangan?
5. Klark sonlari nimani bildiradi?
6. Kimyoviy elementlar atrof-muhitda qanday harakatlanadi va ularning migratsiyasining necha turi mavjud?
7. Atrof-muhitdagi geokimyoviy to‘siqlar tushunchasiga nimalar kiradi va ularning qanday turlarini bilasiz?
8. Yer sharining ichki tuzilishi qanday?
9. Yer qatlami qanday jinslardan tuzilgan va ular yer qatlamida qanday joylashgan?
10. Yer qatlamining qanday turlari mavjud?

2-bob. NURLANISH VA UNING ATROF-MUHITGA TA'SIRI

2.1. Radioaktivlik hodisasi va radioaktiv parchalanish qonunlari

Oxirgi vaqtlarda tabiiy va sun'iy radionuklidlarning keng tarqalishi, ularning xalq xo'jaligida, tibbiyotda va boshqa sohalarda qo'llanilishi kundan kunga oshib borishi sababli atrof-muhitning radioaktiv moddalar bilan ifloslanishi kuzatilmoqda. Antropogen jarayonlar natijasida biosferaga uning tarkibida avval mavjud bo'lmagan sun'iy radionuklidlar katta miqdorda kelib tushmoqda. Radioaktivlik hodisasi — bu ba'zi bir kimyoviy elementlar (uran, toriy, radiy, kaliy, kalifomiy va boshqalar) yadrolarining o'zidan-o'zi parchalanishi natijasida atrof-muhitga nur tarqatish xususiyatidir.

Radioaktiv moddalarning asosiy tavsifnomalari — bu ionlashtiruvchi nurlanishning turi, ularning tabiatda tarqalganligi, kimyoviy xossalari, fizik-kimyoviy holati, atrof-muhitda hamda inson va hayvonotlar organizmidagi kimyoviy o'zgarishlari, nurlantiruvchi manbalarining biologik faolligi, radionuklidlarning atrof-muhitdagi shakli (aerozol, eritma, qattiq faza) tabiatdagi moddalarning aylanma harakatiga kirishish qobiliyati va boshqalar.

Radioaktivlik hodisasi va unga xos bo'lgan ionlashtiradigan nurlanishlar Yerdagi hayot paydo bo'lishidan ancha avval, ya'ni kosmosda Yer shari paydo bo'lmaguncha mavjud bo'lgan. Radioaktiv nurlanishlar bizning yashash muhitimizning ajralmas bir qismi bo'lib, Yerdagi hayotning o'zi ham shu nurlanishlar oqimida paydo bo'lgan. Ma'lumki, atrof-muhitda doimo radiatsion fon mavjud bo'lib, u o'rta miqdorda bir organizmga 10^{-3} Gr / yilga tengdir. Ushbu radiatsion fon Yerning biologik tarixi davomida o'zgarmas holda saqlanib kelgan. Ko'rsatilgan nurlanishning miqdori biologik sistemalarga hech qanday salbiy ta'sir ko'rsatmaydi deb hisoblanadi, bundan tashqari, u hayot rivojlanishi uchun ham zarurdir, chunki hayotning o'zi ham ushbu fonda paydo bo'lgan. Ammo oxirgi 50–60 yil davomida atrof-muhitda nurlanish darajasi keskin ortib ketmoqda. Bu asosan, atom elektrostansiyalarning chiqindilari hamda atom quroli sinovlari hisobiga hosil bo'lgan nurlanishdir. Shuning uchun ham radioaktiv elementlar xossalari va

ularning atrof-muhitga ko'rsatayotgan zararli ta'sirini o'rganish radiatsiyadan himoyalanişda muhim ahamiyatga ega.

Radioaktivlik hodisasi IX asrning oxirida kashf etilgan. 1896-yilda fransuz olimi A.Bekkerel Rentgen tomonidan ochilgan «X» nurlarini o'rganib boshlagan va ularning nur tarqatish xususiyatini aniqlagan. Keyinchalik uning tadqiqotlarini Polshalik buyuk olim Mariya Kyuri davom ettirgan va bir qator o'zidan-o'zi nur sochish qobiliyatiga ega bo'lgan elementlarni aniqlagan hamda ularni radioaktiv elementlar deb nomlagan.

Ma'lumki, radioaktiv moddalarning yadrolari parchalanishi natijasida atrof-muhitga uch xil nur, ya'ni α , β , γ -nurlari sochiladi.

α -nurlar geliy atomi yadrolari oqimidan iborat bo'lib, ularning atom og'irliklari 4,00273, zaryadi esa 2^+ ga tengdir, shuning uchun ham ular atrofidagi moddalarga kuchli elektromagnit ta'sir ko'rsatadi. Zarralarning tezligi 14–20 ming km/sek ga teng, tarqalish masofasi 2,5–8,5 sm.

β -nurlar elektron yoki pozitron oqimidan tashkil topgan bo'lib, ular yadrodagi proton neytronga yoki neytron protonga aylanganda hosil bo'ladi. Bu o'zgarishlar quyidagi sxema bo'yicha amalga oshadi:

$$n \rightarrow p + \bar{e} + \bar{\nu}, \quad p \rightarrow n + e + \nu$$

bunda: n – neytron;

p – proton;

$\bar{\nu}$ – antineytrino;

ν – neytrino.

β -o'zgarishda elementlarning atom og'irligi o'zgarmaydi deb hisoblash mumkin. Zarralarning tezligi 300000 km/sek, tarqalish masofasi 100 sm ga teng. Elektromagnit ta'siri tufayli elektronlar modda tomonidan yutib olinadi, shuning uchun ham minimal qalinlikdagi himoyalovchi qavat o'rnatilganda ular inson uchun zararli emas. Lekin yo'lida himoyalovchi ekran bo'lmasa, elektronlarning kuchli oqimi insonga katta zarar yetkazadi, ya'ni uning terisini zararlantirishi yoki ko'z nurini yo'qotishga olib kelishi mumkin.

γ -nurlar – radioaktiv elementlarning yemirilishidan hosil bo'ladi-gan nurlarning biri bo'lib, u elektromagnit (foton) nurlanishdir, ya'ni to'liqin uzunligi juda kichik bo'lgan (10^{-9} – 10^{-11} sm) elektromagnit to'liqlaridir.

γ -nurlarning energiyasi juda katta bo'lganligi uchun ularning moddalarni kesib o'tish qobiliyati nihoyatda yuqori bo'lib, bu nurlar

tashqaridan ta'sir etganda tirik organizmlar uchun nihoyatda xavflidir. Ularning quvvatini faqatgina nurlar yo'nalishiga qo'yilgan qo'rg'o-shindan ishlangan qalin to'siq kamaytirishi mumkin. Agar γ -nurlanishning manbalari ochiq havoda joylashgan bo'lsa va yo'lida himoyalovchi ekran bo'lmasa, ular tirik organizmlarga katta zarar yetkazishi mumkin (3-jadval).

3-jadval

Nurlanish turi	Fotonlar energiyasi, eV	To'lqin uzunligi, sm
Radioto'lqinlar (UVCh)	0,00001	10
Mikroto'lqinlar	0,00001—0,01	0,01—10
Infraqizil spektr	0,01—1	0,0001—0,01
Ko'rinadigan spektr	1—6	10^{-5} — 10^{-4}
Ultrabinafsha nurlar	6—1000	10^{-7} — $2 \cdot 10^{-5}$
Rentgen	1000—100000	10^{-9} — 10^{-7}
γ - nurlanish	100000	10^{-9}

Radioaktiv yemirilish natijasida elementlar siljish qoidasiga ko'ra o'zgaradi.

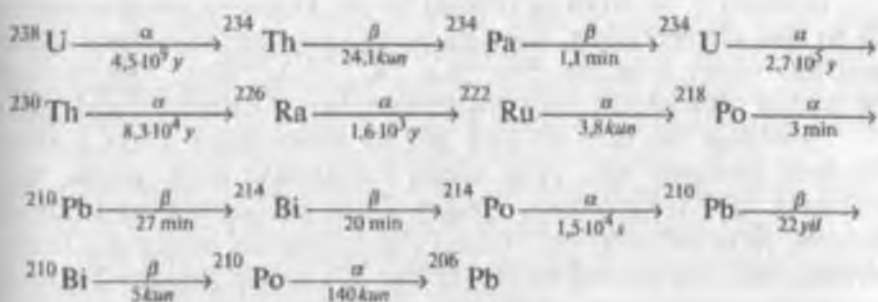
Masalan, α - o'zgarishda yemirilish mahsuloti Mendeleyev davriy sistemasidagi bosh elementdan chap tomonida ikkita katak narida joylashadi, uning atom nameri ikkita songa, massasi esa to'rttaga kamayadi.

β - yemirilishida hosil bo'lgan yangi element bosh elementdan o'ng tomonga bir katakchaga siljiydi. Atom og'irligi esa o'zgarmaydi.

γ -yemirilishda elementlarning massa va zaryadlari o'zgarmaydi.

Har bir radioaktiv element o'ziga xos bo'lgan yarim yemirilish davri bilan ifodalanadi. Yarim yemirilish davri — bu radioaktiv elementning olingan boshlang'ich miqdoridan yarimi yemirilguncha ketgan vaqtdir. Masalan, radiy elementi uchun bu vaqt 1590-yil, uran uchun esa $4,6 \cdot 10^9$ yilga tengdir.

Radioaktiv parchalanish jarayonini quyidagi keltirilgan uran izotopining parchalanishi sxemasi misolida ko'rib chiqish mumkin:



Parchalanish natijasida hosil bo'lgan har bir yangi element o'ziga xos yarim yemirilish davriga ega.

Tabiatdagi ko'pgina kimyoviy elementlar bir nechta izotop shaklida uchrashni mumkin, ular nuklidlar deyiladi. Har bir elementning yadrosi proton hamda neytronlardan tuzilgan bo'lib, uning atom massasi proton va neytronlarning umumiy qiymatiga tengdir:

$$A_m = Z + N.$$

Elementning atom nomeri (Z) yadroning zaryadiga teng bo'lib, uning tarkibidagi protonlarning sonini va yadro atrofidagi aylanayotgan elektronlarning sonini ko'rsatadi. Lekin bitta elementning atomlarida neytronlarning soni har xil bo'lishi mumkin. Bu ushbu elementning bir nechta izotoplari mavjud ekanligini ko'rsatadi.

Izotoplar — bu kimyoviy xossalari bir xil atom og'irliklari esa har xil bo'lgan elementlardir.

Bu elementlarning yadrolarida protonlarning soni biri biriga teng, shuning uchun ham ularning atom nomerlari va kimyoviy xossalari bir xil. Ular elementlarning davriy sistemasida bitta katakka joylashadi.

Masalan, xlor ikkita izotopdan tashkil topgan ${}^{35}_{17}\text{Cl}$ va ${}^{37}_{17}\text{Cl}$.

Vodorodning tabiatda quyidagi izotoplari mavjud: ${}^1_1\text{H}$ — vodorod, ${}^2_1\text{H}$ — deyteriy, ${}^3_1\text{H}$ — tritiy.

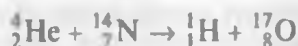
Tabiatda ko'pgina elementlar bir nechta izotop shaklida uchraydi. Faqatgina F, Na, Al, P, Sc, Mn, Co, As, I, Nb, Rh, Cs, Th, Cs, Th, Pr, Tb, Ho, Tu, Ta, Au va Bi elementlari tabiatda o'z izotoplariga ega emas. Ammo barcha mavjud bo'lgan elementlarning sun'iy izotoplari hosil qilingan bo'lib, ular sanoatning turli sohalarida ishlatilib kelmoqda.

Izobarlar — bu atom og'irliklari bir xil, kimyoviy xossalari esa har xil bo'lgan elementlardir, ularning yadro zaryadlari va elektronlarning soni har xildir. Masalan: ^{40}Ar ^{40}Ca ^{40}K ; ^{65}Cu ^{65}Zn ; ^{54}Fe ^{54}Cr . Bu elementlar Mendeleyev davriy sistemasida har xil kataklarda joylashgan.

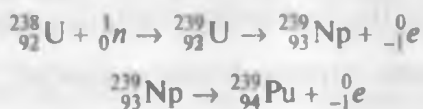
Tabiatdagi ma'lum bo'lgan 109 ta elementdan 81 ta element barqaror izotopiga ega, ya'ni ularga tashqaridan hech qanday ta'sir bo'lmasa, ular o'zgarmaydi. Qolgan 28 ta elementlarning izotoplari beqaror, ya'ni radioaktivdir. Hozirgi vaqtda umumiy aniqlangan izotoplarning soni 1700 ga teng bo'lib, ulardan 271 izotop barqaror izotopdir.

Yadro reaksiyalarda radioaktiv elementning yadrosi tashqaridan hech qanday energiya berilmagan holda o'zidan o'zi bo'linib boshqa elementlarning yadrolarini hosil qiladi. Bu tabiiy radioaktivlik hodisasidir. Ammo yadroviy o'zgarishlarni sun'iy yo'l bilan ham amalga oshirish mumkin. Bunday o'zgarishlarni ba'zi bir elementlarga katta kinetik energiyaga ega bo'lgan zarralarni ta'sir ettirish yo'li bilan kelib chiqarish mumkin. Masalan, radioaktiv bo'lmagan Al, P, Mn kabi elementlarga α -zarralar, deytron, neytron va boshqa faol zarralarni ta'sir ettirsa ular sun'iy radioaktivlik xususiyatlarga ega bo'lib qoladi va ularning atom yadrolari parchalanib radioaktiv aluminiy, radiofosfor, radiomarganes hosil bo'ladi.

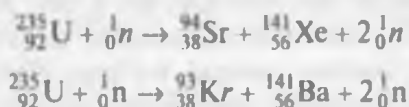
Bunday reaksiyani birinchi bo'lib, 1919-yilda Rezerford amalga oshirib, u azot molekulasiga α -zarralarni ta'sir ettirgan va natijada kislorod izotopini hosil qilgan:



Uran ^{238}U yadrosiga neytronlar ta'sir ettirilsa, ikkita birinchi transuran elementi — neptuniy va plutoniylar hosil bo'ladi (plutoniylar yadro energiyasining manbai sifatida muhim ahamiyatga ega):

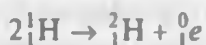


Yadro reaksiyalari ikki xil bo'lishi mumkin. Birinchi jarayon — bu og'ir yadrolarning bo'linishi, masalan:



Hosil bo'lgan neytronlar boshqa uran yadrolariga ta'sir etib, reaksiya zanjir shaklida davom etadi. Bunday jarayon yadro reaktorlarda amalga oshiriladi. Ajralib chiqayotgan energiya juda katta bo'lganligi uchun uni nazorat qilish maqsadida bo'linayotgan radioaktiv modda reaksiyani «sekinlashtiruvchi» modda, ya'ni og'ir suv yoki grafit bilan aralashtiriladi va u neytronlarning harakatini sekinlashtiradi. Yadro reaktoriga kadmiyli sterjenlar kiritilib, ular neytronlarni yutib olish qobiliyatiga ega bo'lganligi uchun bunday zanjirli reaksiyani nazorat qilish imkoni yaratiladi.

Ikkinchi jarayon — bu ikkita yengil yadroning birikishi (sintezi) natijasida massasi katta va barqarorligi juda yuqori bo'lgan og'ir yadroning hosil bo'lishidir. Bunda juda katta energiya ajralib chiqishi mumkin. Lekin bunday reaksiyalar amalga oshirilishi uchun juda katta miqdorda issiqlik talab qilinadi. Juda yuqori temperatura bilan yadrolarning bo'linishida ajralib chiqayotgan energiya yengil yadrolarning birikishiga imkon yaratadi, shuning uchun ham bunday reaksiyalar termoyadro reaksiyalari deyiladi. Termoyadro reaksiyasi misolida vodorod izotoplaridan geliy yadrosining hosil bo'lishi jarayonini keltirish mumkin:



Bunday reaksiyalarning energiyasi juda katta bo'lganligi uchun, ularni qo'llash masalasi ancha murakkabdir.

2.2. Nurlanishning turlari

Nurlanish ikki xil bo'lishi mumkin: ionlashtiradigan va ionlashtirmaydigan.

Ionlashtiradigan nurlanish deganda uning ta'sirida atrof-muhitda har xil zaryadli ionlarning hosil bo'lishi tushuniladi:



Ionlashtiradigan nurlanishning asosiy ko'rsatkichi — bu uning energiyasidir. Ionlashtiruvchi nurlanishning energiyasi elektronvolda o'lchanadi.

Bir elektronvolt — bu IV potensial ayirmasiga ega bo'lgan kondensatordan o'tganda elektron zaryadining bajargan ishidir.

Ionlashtiradigan nurlanish bevosita va bilvosita ionlashtiradigan bo'lishi mumkin. Bevosita ionlashtiradigan nurlanishga boshqa atomlar bilan to'qnashganda ularni ionlashtirishga yetarli darajada kinetik energiyaga ega bo'lgan α , β - va boshqa nurlanishlar kiradi.

Bilvosita ionlashtiradigan nurlanish zaryadlanmagan zarralardan tashkil topgan bo'lib (neytron, foton), uning atrof-muhit bilan o'zaro ta'siri natijasida ionlashishga olib kelishi mumkin bo'lgan faol zarralarni hosil bo'lishiga olib keladigan nurlanishdir.

Ionlashtiradigan nurlanish modda bilan to'qnashganda o'zining energiyasini qisman yo'qotadi. Bu energiyaning bir qismi moddaga o'tadi va uning tarkibidagi hosil bo'lgan faol zarralarning kinetik energiyasiga aylanadi. Tirik organizmlardagi radiatsion zararlanishlar asosan shu zaryadlangan zarralar, ya'ni ionlarning tirik moddaning tarkibidagi molekullari bilan reaksiyaga kirishishiga va natijada erkin radikallar hosil bo'lishiga bog'liqdir.

Tirik organizmning asosiy massasi suvdan tashkil topgan (insonlarda 75%). Shuning uchun, ularning nurlanishi natijasida ionlashtiruvchi nurlanishning ko'p qismi suvga yutiladi va nihoyatda yuqori darajada kimyoviy faol bo'lgan H va OH radikallarini hosil bo'lishiga olib keladi. Bu radikallar to'g'ridan to'g'ri o'zi yoki ikkilamchi o'zgarishlar hisobiga hosil bo'lgan oksidlantiruvchi moddalar (masalan, vodorod peroksidi) orqali organik moddaning molekullari bilan reaksiyaga kirishib, tirik moddaning to'qimalarini parchalanishiga olib keladi.

Ionlashtirmaydigan nurlanishga radioto'lqinlar, ultratovush, televideniye, navigatsion majmualar, sanoat pechlar, UVCh, lazerlar, fotogeneratorlar va boshqalar kiradi. Bu nurlanish, ularning insonlarga ta'sir etish darajasi ularning chastotasiga bog'liq. Chastota qanchalik yuqori bo'lsa, ular ko'zga salbiy ta'sir ko'rsatishi va kuydirishlarga olib kelishi mumkin.

2.3. Atrof-muhitdagi nurlanishning manbalari

2.3.1 Nurlanishning tabiiy manbalari

Nurlanishning tabiiy manbalariga kosmik nurlanish va Yer tarkibidagi radioaktiv manbalar kiradi.

Kosmik nurlanish ikki xil bo'lishi mumkin — galaktik nurlanish va quyosh nurlanishi.

Yer yuzasiga kelib tushayotgan galaktik nurlanishning tarkibi quyidagicha:

- 1) 90% — protonlar;
- 2) 7% — α -zarralar;
- 3) 1% — geliydan og'ir bo'lgan elementlarning yadrolari.

Galaktik nurlanishning energiyasi 10^{15} MeV ga teng.

Quyosh nurlanishning energiyasi kamroq bo'lib, u 10^4 MeV ga tengdir. Quyosh nurlanishi quyoshdagi amalga oshirilayotgan xromosfer portlash jarayonlariga bog'liq bo'lib, uning quvvati vaqti-vaqti bilan o'zgarib turadi. Quyosh nurlanishning asosiy qismi og'ir elementlardan tashkil topgan.

Atmosferaning yuqori qavatlariga kelib tushgan kosmik nurlanish birlamchi nurlanish deyiladi. Atmosferani kesib o'tish jarayoni natijasida u qayta - qayta atmosferadagi moddalar bilan reaksiyaga kirishib tarkibi o'zgaradi. Masalan, protonlar atmosferada to'liq sarflanib ketadi. Dengiz sathidagi kuzatilayotgan nurlanish esa ikkilamchi nurlanish deyiladi.

Yer tarkibidagi radioaktiv manbalarga uchta tabiiy radioaktiv qatorni hosil qiluvchi va yarim yemirilish davri katta bo'lgan elementlar kiradi.

Bu ${}_{90}^{232}\text{Th}$, ${}_{92}^{235}\text{U}$ va ${}_{92}^{238}\text{U}$ elementlaridir (bu elementarning yarim yemirilish davri $T_{1/2} = 1,4 \cdot 10^{10}$ yil, $7 \cdot 10^8$ yil va $4,5 \cdot 10^9$ yilga tengdir). Bundan tashqari, tabiatda ${}^{40}\text{K}$ ($T_{1/2} = 1,26 \cdot 10^{10}$ yil) va rubidiy ${}^{87}\text{Rb}$ ($T_{1/2} = 1,26 \cdot 10^{10}$ yil) izotoplari ham mavjud bo'lib, ularning parchalanishi natijasida bir qator uzoq va qisqa vaqt yashaydigan radionuklidlar hosil bo'ladi. Har bir radioaktiv qator ma'lum radioaktiv nuklididan boshlanib, ma'lum nuklid bilan tugaydi.

Masalan, 1 tonna tabiiy uran tarkibida 0,36 g Ra va $1,3 \cdot 10^{-9}$ g ${}^{238}\text{Po}$ nuklidlari borligi aniqlangan.

Yadro enerjetikasida asosiy xomashyo sifatida ishlatiladigan uran tabiatda juda keng tarqalgan elementdir. Uning yer qatlamidagi o'rtacha miqdori $1,3 \cdot 10^{-9}$ % ni tashkil qiladi. Tabiatda uchraydigan uran asosan uchta izotop — ${}^{238}\text{U}$ (99,275%), ${}^{235}\text{U}$ (0,72%) va ${}^{234}\text{U}$ (0,0054%) lardan tashkil topgan bo'lib, bu izotoplarning hammasi radioaktiv xususiyatlarga ega.

Radionuklidlarning parchalanishida zarralarning kinetik energiyasi bilan birga issiqlik energiyasi ham ajralib chiqadi. Masalan, tabiiy radionuklidlarning yemirilishida quyidagi miqdorda solishtirma issiqlik hosil bo'ladi:

$$^{238}\text{U} = 2,97;$$

$$^{235}\text{U} = 18,8;$$

$$^{234}\text{Th} = 0,84;$$

$$^{40}\text{K} = 1,1 \cdot 10^{-4} \text{ J } / (\text{g} \cdot \text{yil}).$$

Nurlanishning asosiy qismini Yer aholisi tabiiy manbalardan qabul qiladi. Nurlanish usuli 2 xil bo'lishi mumkin:

1-tashqi usul; bunda radioaktiv moddalar organizmni tashqaridan nurlantiradi.

2-ichki usul; bunda radioaktiv moddalar organizmga havo, suv yoki oziq-ovqat bilan kiradi.

2.3.2. Nurlanishning antropogen manbalari

Oxirgi yillarda insonlar tomonidan bir necha yuzlab sun'iy radionuklidlar yaratilgan bo'lib, ular turli maqsadlarda qo'llanilib kelmoqda: tibbiyotda, yadro qurolini yaratishda, yadro energiyasini ishlab chiqarishda, yong'inlarni aniqlashda, soatlarning yonib turadigan siferblatlarini ishlab chiqarishda va foydali qazilmalar qidiruvida. Nurlanishning antropogen manbalariga asosan quyidagi manbalar kiradi:

Tibbiyotda qo'llaniladigan ionlashtiruvchi nurlanishlarning manbalari. Hozirgi kunda texnogen manbalardan qabul qilinayotgan nurlanishning asosiy miqdorini insonlar radioaktiv moddalarni qo'llash bilan bog'liq bo'lgan tibbiyot muolajalaridan va davolash usullaridan oladilar. Tibbiyotda radiatsiya tashxiz qo'yish hamda davolash maqsadida qo'llaniladi.

Tibbiyotda keng qo'llaniladigan nurlantiruvchi manbalarga rentgen apparatlari, kompyuterli tomografiya, saraton kasalligini davolovchi radioterapevtik jihozlari va organizmdagi turli jarayonlarni o'rganish uchun mo'ljallangan radioizotoplar kiradi. Dunyo miqyosida bu manbalardan qabul qilinayotgan o'rtacha shaxsiy doza 400 mkZv bir odamga yiliga to'g'ri keladi. Yer yuzi aholisi uchun umumiy ekvivalent doza 1600000 odam.Zv yiliga to'g'ri keladi.

Yadro qurolining sinovlari. Yadro quroli portlaganda atrof-muhitga kelib tushayotgan radioaktiv moddalarning bir qismi sinov o'tkazilgan joy atrofida yog'iladi, boshqa qismi troposferada to'xtab qoladi va shamol bilan uzoq masofalarga tarqaladi. Bunda radioaktiv moddalar

havoda bir oy atrofida saqlanib, asta-sekinlik bilan tuproqlarga kelib tushadi. Ammo yadro sinovlari atmosferada o'tkazilganda radioaktiv moddalarning ko'p qismi stratosferaga tashlanib, unda ko'p oylar davomida saqlanadi, keyin esa sekinlik bilan pastga tushadi va yer sharining butun yuzasiga tarqaladi. Radioaktiv yog'in-sochinlar tarkibida yuzlab turli xil radionuklidlar mavjud bo'lib, ulardan aholini nurlanishiga asosiy hissani qo'shayotgan nuklidlar — bu uglerod-14, seziy-137, sirkoniy-95 va stronsiy — 90. Qolgan radionuklidlar tez parchalanib ketadi. Hozirgi kungacha atmosfera havosida o'tkazilgan yadro portlatishlaridan umumiy kutilayotgan kollektiv samarali dozasi 30 000 000 odam.Zv ni tashkil qilgan. 2000-yilga qadar yer aholisi ushbu dozaning 17% ni qabul qilgan bo'lsa, qolgan qismini esa millionlar yil davomida oladi.

Yadro energetikasi. Atom elektrostansiyalari ionlashtiruvchi nurlanishning manbasi hisoblanadi. Lekin ulardagi ish to'g'ri olib borilsa radioaktiv chiqindilar juda kam miqdorda hosil bo'ladi va atrof-muhitga salbiy ta'siri sezilarli bo'lmaydi. Atom elektrostansiyalari — bu yadro yoqilg'i siklining faqatgina bir qismidir. Atom energiyasidan foydalanish jarayoni o'z ichiga bir necha bosqichlarni kiritadi:

- uran rudasini qazib olish va boyitish;
- yadro yoqilg'isini ishlab chiqarish;
- radioaktiv chiqindilarni ko'mib tashlash.

Bu jarayonlarning har birini amalga oshirish natijasida atrof-muhitga turli xil radioaktiv moddalar kelib tushadi. Hozirgi kunda qazib olinayotgan uran rudasining yarimi ochiq usul yarimi esa shaxtali usul bilan olinadi. Ruda konlari va ularning yonida joylashgan uranni boyitish fabrikalari atrof-muhitni radioaktiv moddalar bilan ifloslantiruvchi asosiy manbalari hisoblanadi. Boyitish fabrikalarida olingan uran konsentratini maxsus zavodlarda qayta ishlanib yadro yoqilg'isi ishlab chiqariladi. Yadro reaktorlarni ekspluatatsiya qilish jarayonida ham suyuq va gazsimon chiqindilar hosil bo'ladi.

AES da hosil bo'lgan yadro chiqindilari geologik jihatdan barqaror bo'lgan joylarga yoki okean tubiga ko'mib tashlanadi.

Kasbiy nurlanish. Bunda atom sanoatida, uran ruda konlarida, boyitish fabrikalarda hamda yadro fizika ilmiy-tekshirish institutlarda ishlaydigan xodimlarning nurlanishi tushuniladi. Ular boshqa sohadagi ishchilarga nisbatan eng katta nurlanish miqdorini qabul qiladilar.

Turli xil nurlantiruvchi manbalar. Bunday manbalarga har kundagi inson ehtiyojlari uchun foydalaniladigan tarkibida radioaktiv moddalar

bo'lgan asboblari kiradi. Masalan, elektr asboblari, rangli televizor va yonib turadigan siferblatli soatlar va hokazo.

2.4. Nurlanishning o'lchov birliklari

Nurlanishning biologik obyektlarga ta'sirini baholash uchun ionlashtiradigan nurlanishning asosiy ko'rsatkichlarini ko'rib chiqish kerak.

Ma'lumki, radioaktiv atomlarining soni vaqt davomida eksponensial qonuniga muvofiq kamayib boradi:

$$N(t) = N(0) \exp(-\lambda t).$$

Bunda: $N(0)$ — boshlang'ich vaqtda olingan radioaktiv atomlarining soni;

γ — yemirilish doimiyligi, u radioaktiv atomlarning sonini kamayishi tezligini ifodalaydi, s^{-1} .

Radioaktiv moddalar bilan ishlaganda ularning umumiy miqdori emas, balki ajralib chiqayotgan zarralar soni yoki unga proporsional bo'lgan parchalanayotgan atomlarning son ko'rsatkichi muhim ahamiyatga egadir.

Radioaktiv moddalarning faolligi A — bu bir radioaktiv nurlantiruvchida vaqt birligi davomida sodir bo'lgan dN yadro o'zgarishlarining sonidir:

$$A = \frac{dN}{dt}.$$

Radioaktiv moddalarning faolligini o'lchash birligi — Bekkerel (Bk).

1 Bekkerel bir sekundda bitta yemirilishga ega bo'lgan radioaktiv moddaning faolligiga tengdir.

Amaliyotda ko'pincha Kyuri (Ku) faollik birligidan foydalaniladi:

$$1 Ku = 3,700 \cdot 10^{10} Bk.$$

Ionlashtiradigan nurlanishning atrof-muhitdagi tirik va jonsiz obyektlarga ta'sirini baholash uchun dozimetriyada qabul qilingan asosiy ko'rsatkich — bu nurlanishning yutilgan miqdoridir.

Nurlanishning yutilgan miqdori D — bu organizmning dM massa birligiga ionlashtiradigan nurlantiruvchi tomonidan berilgan o'rtacha energiya dE dir.

$$D_{yul} = \frac{dE}{dM}.$$

Yutilgan miqdorning o'lchash birligi – Grey (Gr). 1 Grey – nurlanishning 1 J energiyasi 1 kg nurlantirilayotgan moddaga to'g'ri keladigan yutilgan miqdordir.

Yutilgan miqdorning amaliyotda qo'llaniladigan yana bir o'lchash birligi – radian (rad):

$$1 \text{ rad} = 10^{-2} \text{ Gr}.$$

Foton nurlanishning maydonini baholash uchun ekspozitsion miqdor tushunchasidan foydalaniladi.

Nurlanishning ekspozision miqdori D_{eks} – bu dM massali havodagi hosil bo'lgan barcha bir xil ishorali ionlarning dQ umumiy zaryadining ushbu hajmdagi havo massasiga nisbatidir:

$$D_{eks} = \frac{dQ}{dM}.$$

Ekspozision miqdorning o'lchash birligi – 1 kulon zaryad 1 kilogramm massaga to'g'ri keladigan miqdordir (Kl/kg).

Amaliyotda ekspozision miqdorning o'lchov birligi – rentgendan foydalaniladi:

$$1 P = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Kl} / \text{kg}.$$

Nurlanishning har xil turlarini tirik organizmlarga ta'sir etishini baholash uchun ekvivalent miqdordan foydalaniladi. Nurlanishning ekvivalent miqdori D_{ekv} – bu turli xil nurlanishning organizmlarga ta'sir etishi koeffitsientiga ko'paytirilgan yutilgan miqdordir:

$$D_{ekv} = k D_{yul}$$

bunda k – ionlashtiradigan nurlanishning biologik samaradorligini ifodalovchi o'lchovsiz sifat koeffitsienti.

Rentgen, γ -nurlanish va β -zarralar uchun $k = 1$,

α -nurlanish uchun $k = 20$.

Nurlanishning ekvivalent miqdori zivert (Zv) birligida o'lchanadi.

1 Zivert – bu 1Gr rentgen yoki γ -nurlanishning yutilgan miqdori ko'rsatayotgan biologik samaradorligiga teng bo'lgan samaradorlikni hosil qilayotgan nurlanishdir. Ekvivalent miqdorini yana bir o'lchash birligi – ber:

$$1 \text{ ber} = 0,01 \text{ Zv}.$$

Yutilgan miqdorning quvvati P (ekspozitsion miqdorning quvvati — P_{eks} , ekvivalent miqdorning quvvati — P_{ekv}), bu yutilgan miqdorning (ekspozitsion miqdorning, ekvivalent miqdorning) ta'sir etish vaqtiga bo'lgan nisbatidir:

$$P_{yul} = \frac{dD_{yul}}{dt}; \quad P_{eks} = \frac{dD_{eks}}{dt}; \quad P_{ekv} = \frac{dD_{ekv}}{dt}.$$

2.5. Ionlashtiradigan nurlanishning biologik ta'siri

Radioaktiv moddalarni sintez qilib, ulardan turli sohalarda keng foydalanilishi natijasida biosferani yangi turdagi ifloslantiruvchi, ya'ni radionuklidlar bilan ifloslanishga olib keldi. Ionlashtiradigan nurlanishlarning tirik organizmlarga ko'rsatayotgan ta'siri natijasida ularning to'qimalarida murakkab fizikaviy, kimyoviy va biokimyoviy jarayonlar ro'y beradi. Biologik sistemalarning parchalanishi radioaktiv α , β , γ nurlanishlarning molekularini ionlashtirish qobiliyatiga bog'liqdir. Ionlashtiradigan nurlanishning biologik ta'siri ikki mexanizm bo'yicha amalga oshirilishi mumkin:

- 1) bevosita oqsil moddalarning to'qimalariga ta'sir etishi;
- 2) bilvosita, ya'ni suvning radioliz mahsulotlari orqali ta'sir etishi.

Tirik organizmlarning tarkibida katta miqdorda suv bo'lgani uchun nurlanish ta'sirida suv parchalanib, faol zarralar hosil bo'ladi — H , OH . Bu zarralar biologik moddalar bilan reaksiyaga kirishib, ularning o'zgarishiga olib keladi.

Tirik organizmga tashqaridan ta'sir etayotgan nurlantiruvchi man-baning zararli ta'siri nurlanishning tirik moddani kesib o'tish qobiliyatiga bog'liq. Masalan, γ -nurlanish rentgen kabi inson uchun eng zararli hisoblanadi, chunki ular tirik organizm to'qimalarini faol kesib o'tadi. Bu nurlanishdan himoyalaniş uchun qo'rg'oshindan ishlangan qalin ekrandan foydalaniladi.

α - nurlanishlarning katta qismi tirik organizmning terisiga yutiladi.

β - nurlanish organizmga 1 ml chuqurlikkacha kirib borishi mumkin.

α , β - zarralarning uchish masofasi kichik bo'lgani uchun ular tashqaridan ta'sir etganda tirik organizmlarga sezilarli zarar yetkazmaydi. Bu nurlardan himoyalaniş uchun 10 sm qalinlikdagi havo qatlami yoki yupqa folga yetarli bo'ladi. Maxsus kiyim ham α -zarralarning kuchini kamaytiradi. Bir necha millimetr qalinlikda

bo'lgan aluminiy, pleksiglas, shishali ekran esa β -nurlanishlarni to'liq ushlab qoladi.

Radiaktiv moddalar organizmning ichiga havo bilan, nafas olish jarayonida hamda zararlangan ichimlik suv va ozuqa bilan kirishi mumkin. Ichki zararlanishda radioaktiv nurlarning xavflilik darajasi bo'yicha quyidagi tartibda joylashadi: α -nurlanish eng havfli hisoblanadi, keyin β - va γ -nurlanishdir.

Ionlashtiradigan nurlanishning biologik ta'siri quyidagi ko'rsatkichlarga bog'liq:

- radioaktiv moddaning faolligi;
- nurlanishning umumiy miqdori;
- nurlantiruvchining ta'sir etish vaqti;
- nurlanishning turi;
- nurlanayotgan obyekt maydonining kattaligi;
- radioaktiv izotoplarning organizmdan chiqib ketish tezligi;
- organizmning shaxsiy xususiyatlari:

Radioaktiv moddaning faolligi qanchalik katta bo'lsa, uning xavflilik darajasi shunchalik ortib boradi. Faolligi kichik bo'lgan, ya'ni nurlanish miqdori ham kam bo'lgan moddalar organizmga sezilarli salbiy ta'sir ko'rsatmaydi.

Bunday moddalar tibbiyotda davolash maqsadida qo'llaniladi (masalan, radon vannalarida).

Radioaktiv moddalarning xavflilik darajasi uni organizmdan chiqib ketish tezligiga ham bog'liq. Agar bu moddalar insonlarning ozuqa bilan iste'mol qilayotgan elementlar bilan bir xil bo'lsa (Na, K, Cl va hokazo), ular organizmda uzoq vaqt saqlanib turmasdan shu elementlar bilan birga chiqib ketadi. Masalan, inert gazlar —Xe, Ar, Kr ma'lum vaqtdan so'ng organizmdan to'liq chiqib ketadi.

Radioaktiv moddalarning organizmdan chiqib ketishi tezligi ularning yarim yemirilish davriga ham bog'liq. Tibbiyotda yarim yemirilish davri juda qisqa bo'lgan radionuklidlar tashxiz qo'yishda ishlatiladi.

Ba'zi bir radioaktiv moddalar organizmga tushganda unda bir xil taqsimlanadi. Ayrim moddalar esa ma'lum a'zolarida to'planib boradi. Masalan, radiy, uran, plutoniy so'ngaklarda, stronsiy, ittriy, kobalt esa qizilo'ngach va o'pkada to'planadi.

Radioaktiv moddalar tirik organizmlarga ikki xil ta'sir ko'rsatishi mumkin:

1 — somatik ta'sir, ya'ni bevosita nurlangan organizmdagi keyinchalik ma'lum vaqt davomida kelib chiqadigan o'zgarishlar;

2 — genetik ta'sir, ya'ni nurlanish ta'sirida insonning gen va xromosomlardagi o'zgarishlar orqali uning kelajak avlodlarga bo'lgan ta'sirlar.

Tirik organizmlarda nurlanish ta'sirida nur kasalligi kelib chiqishi mumkin. Nurlanish qisqa muddatli va uzoq muddatli bo'lishi mumkin. Qisqa muddat davomida nurlangan organizmda qondagi leykositlarning kamayishi, ko'ngil aynashi, holsizlanish holatlari kuzatiladi. O'tkir radiasion zararlanishlar katta dozadagi radiatsiya (50 Gr) qisqa vaqt davomida ta'sir etganda, surunkali radiasion zararlanishlar esa nisbatan kichik radiatsiya dozasi uzoq vaqt davomida ta'sir etganda kuzatiladi. Bir marta 600 rad (6Gr) doza bilan nurlanish 30 kundan keyin insonning o'limiga olib keladi.

Nazorat savollari

1. Radioaktivlik hodisasi nima va u kim tomonidan kashf etilgan?
2. Radioaktiv moddalar parchalanganda qanday nurlar hosil bo'ladi va ularning tarkibi qanday?
3. Nurlanishning tabiiy manbalariga qanday manbalar kiradi?
4. Nurlanishning necha xil antropogen manbalarini bilasiz?
5. Tabiiy va sun'iy radioaktivlik nima?
6. Radioaktiv moddalarning yarim emirilish davri nimani ko'rsatadi?
7. Radioaktiv qator deganda nima tushuniladi?
8. Ionlashtiradigan nurlanish nima va u tirik organizmlarga qanday ta'sir ko'rsatadi?
9. Ionlashtirmaydigan nurlanishga qanday nurlanish kiradi?
10. Radioaktiv moddalarning faolligi nima va u qanday birliklarda o'lchanadi?
11. Nurlanishning yutilgan, ekspozitsion, ekvivalent miqdori nimani ifodalaydi va ular qaysi birliklarda o'lchanadi?
12. Radioaktiv nurlanishning xavflilik darajasi nimaga bog'liq?
13. Nurlanishning biologik ta'siri qanday bo'lishi mumkin?
14. Radioaktiv nurlanishdan qanday himoyalaniish mumkin?

3.1. Atmosferaning tuzilishi va tarkibi

Bugungi kunda tabiiy muhitga ko'rsatilayotgan texnogen ta'sirlarining ortib borishi atrof-muhitning degradatsiyasiga olib kelishi va shu bilan bog'liq bo'lgan bir qator muammolarni paydo bo'lishiga sabab bo'lmoqda. Bu muammolar orasida atmosfera havosining holati alohida ahamiyatga egadir. Atmosfera qatlami faqat o'ziga xos bo'lgan xususiyatlari, ya'ni yuqori darajada harakatchanligi, tarkibidagi komponentlarining o'zgaruvchanligi, havodagi fizik-kimyoviy jarayonlarning o'ziga xosligi bilan yerning boshqa qobiqlaridan ajralib turadi. Atmosfera nafaqat inson, hayvonotlar, o'simliklarning nafas olishi uchun havo manbai bo'lib, balki shu bilan birga tirik organizmlarning hayoti uchun zarur bo'lgan bir qator jarayonlarni ta'minlashda ham muhim rol o'ynaydi. Atmosferaning holati Yer yuzasining issiqlik rejimini belgilaydi va uni temperaturaning keskin siljishlaridan saqlab turadi, uning ozon qavati tirik organizmlarni quyoshning ultrabinafsha nurlaridan himoyalab turadi. Yer yuzasida tabiiy zonalarning hosil bo'lishi va ulardagi gidrologik rejimlarning xususiyatlari, tuproq hamda o'simlik qatlamining holati, releflarning shakllanishi va boshqa jarayonlarning barchasi atmosferadagi issiqlik va namlikning taqsimlanishiga bog'liqdir. Atmosfera — bu yerdagi iqlimini shakllantiruvchi va obi-havoni hosil qiluvchi muhitdir.

Atmosfera komponentlarining fizik-kimyoviy o'zgarishlari atrof-muhit kimyosining asosiy bo'limlaridan biridir. Bu o'zgarishlar nafaqat tabiiy (quyosh faolligi fazasi, geografik joylashishi, sutka vaqti), balki antropogen omillarga ham bog'liqdir. Atmosferadagi kimyoviy reaksiyalarning mexanizmlarini va kinetikasini o'rganish, ifloslantiruvchi moddalar ishtirokida hosil bo'layotgan mahsulotlarni aniqlash atrof-muhitni sanoat chiqindilaridan himoya qilishda muhim ahamiyatga ega.

Atmosferaning umumiy massasi $5,14 \cdot 10^{15}$ t ga teng. Atmosferaning asosiy qismi azot (78%), kislorod(21%) va argon (0,9%) gazlaridan tashkil topgan. Qolgan barcha komponentlar atmosferaning 0,1% ni tashkil qiladi. Bu komponentlarning miqdori (N_2 , O_2 , Ar, He, Xe, Kr,

H₂) 100 km gacha o'zgarmaydi. «Faol» gazlar va aerzollarning miqdori (H₂O, CO₂, O₃, SO₂, CH₄, NO₂) yil fasliga, geografik joylashishga, balandlikka qarab o'zgarib turadi (4-jadval).

4-jadval

Yer yuzasidagi atmosfera havosining
kimyoviy tarkibi

Modda		Modda	Miqdori %
N ₂	78,084	N ₂ O	$5 \cdot 10^{-5}$
O ₂	20,95	Xe	$8,7 \cdot 10^{-4}$
Ar	0,934	SO ₂	$< 7 \cdot 10^{-4}$
CO ₂	$3,27 \cdot 10^{-2}$	O ₃	$< 2 \cdot 10^{-4}$ (qishda) $7 \cdot 10^{-4}$ (yozda)
Ne	$1,818 \cdot 10^{-3}$	NO ₂	$< 2 \cdot 10^{-4}$
He	$5,24 \cdot 10^{-4}$	CO	$5 \cdot 10^{-5} - 8 \cdot 10^{-4}$
CH ₄	$1,6 \cdot 10^{-4}$	NO	$< 1 \cdot 10^{-4}$
Kr	$1,14 \cdot 10^{-4}$	NH ₃	$< 1 \cdot 10^{-4}$
H	$5 \cdot 10^{-5}$	-	-

Atmosfera bir necha qavatdan tuzilgan bo'lib, qavatlar orasida pauzalar joylashgan. Troposferadan stratosferaga o'tish qavati tropo-pauza, stratosferadan mezosferaga o'tish qatlami stratopauza deyiladi va hokazo.

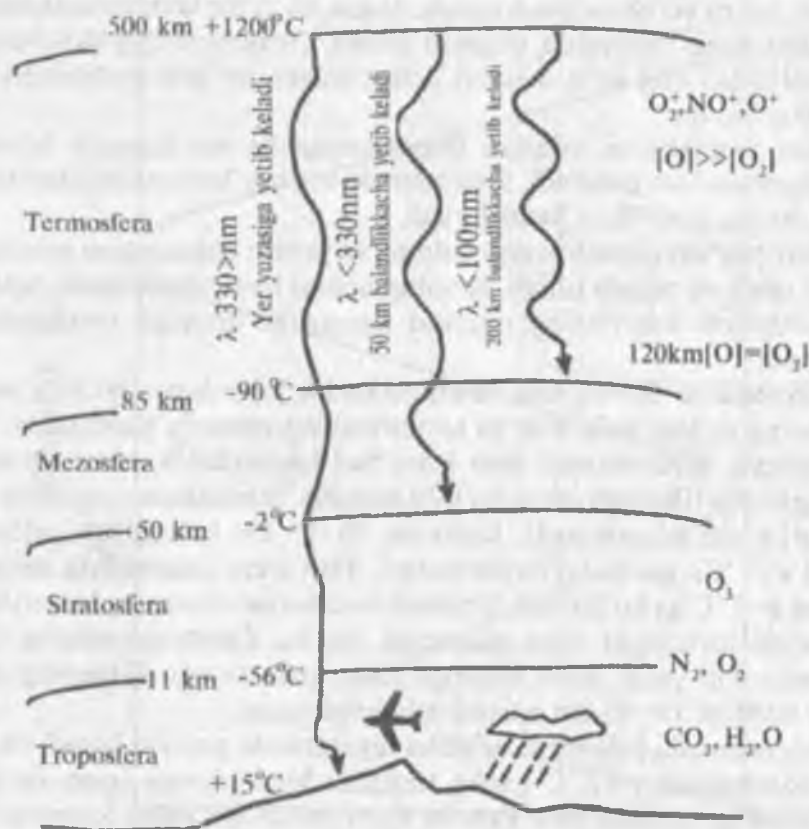
Atmosferaning tuzilishi sxemasi 4-rasmda ko'rsatilgan.

Troposfera bilan stratosfera atmosferaning «pastki qavatlarini», mezosfera va termosfera esa «atmosferaning yuqori qavatlarini» deyiladi. Atmosferaning yuqori qavatlarini havoning kimyoviy tarkibi bo'yicha pastki qavatlardan farqlanadi. Pastki qavatlar zichroq bo'lib, ularda atmosferaning asosiy massasi to'plangan. Atmosferaning umumiy massasidan 50% i pastki 5 km qalinlikdagi qavatda to'plangan, 30 km qalinlikdagi qavatida esa atmosferaning umumiy massasidan 99% to'plangan.

Atmosferaning qavatlarga bo'linishi asosan havoning kimyoviy tarkibiga va temperaturani balandlik bo'yicha o'zgarishiga bog'liq.

Troposfera yer qatlamiga eng yaqin qatlam bo'lib, uning balandligi ekvator ustida 16–18 km, qutblarda esa 7–9 km ga teng. Troposferada havoning umumiy massasidan 80% to'plangan bo'lib, unda havo doimiy

Quyosh nurlanishi



4-rasm. Atmosferaning tuzilishi sxemasi.

harakatda bo'ladi. Bu yerda gidrodinamik, issiqlik almashinuv va kimyoviy jarayonlar faollik bilan amalga oshib turadi, ya'ni katta-katta havo massalarining vertikal va gorizontalar harakatlanishi, past va yuqori bosimli zonalarining hosil bo'lishi, havo massalarining sovishi va isishi, bug'larning kondensatsiyasi va hokazo. Bu jarayonlarning barchasi iqlimni shakllanishiga ta'sir ko'rsatadi.

Troposferada havoning temperaturasi balandlik bo'yicha asta-sekin pasayib boradi va 10–15 km balandlikda -60°C , -70°C gacha pasayadi. Temperaturaning pasayishi havoning zichligi kamayishiga va issiqlik almashinish yomonlashishiga bog'liq, chunki atmosfera yerdan chiqayotgan issiqlikning hisobiga isiydi.

90 km dan pastda havo yaxshi aralashishi hisobga havoning kimyoviy tarkibi bir xil bo'lib saqlanib turadi. Lekin, ba'zi bir komponentlarning miqdori keng intervalda o'zgarib turadi. Atmosferaning tarkibidagi moddalardan eng ko'p miqdori o'zgaruvchan bo'lgan komponent — suv bug'laridir.

Suv bug'larining miqdori tropopauzagacha tez kamayib boradi, temperatura ham pasayadi. Stratosferada suv bug'larining miqdori juda kam bo'lib, $2 \cdot 10^{-6}\%$ ni tashkil etadi.

Suv bug'lari quyosh energiyasining va yerdan chiqayotgan issiqlikni yutib oladi va ushlab turadi, shuning uchun ham troposferada tepaga ko'tarilganda bug'larning miqdori kamayishi hisobiga temperatura pasayadi.

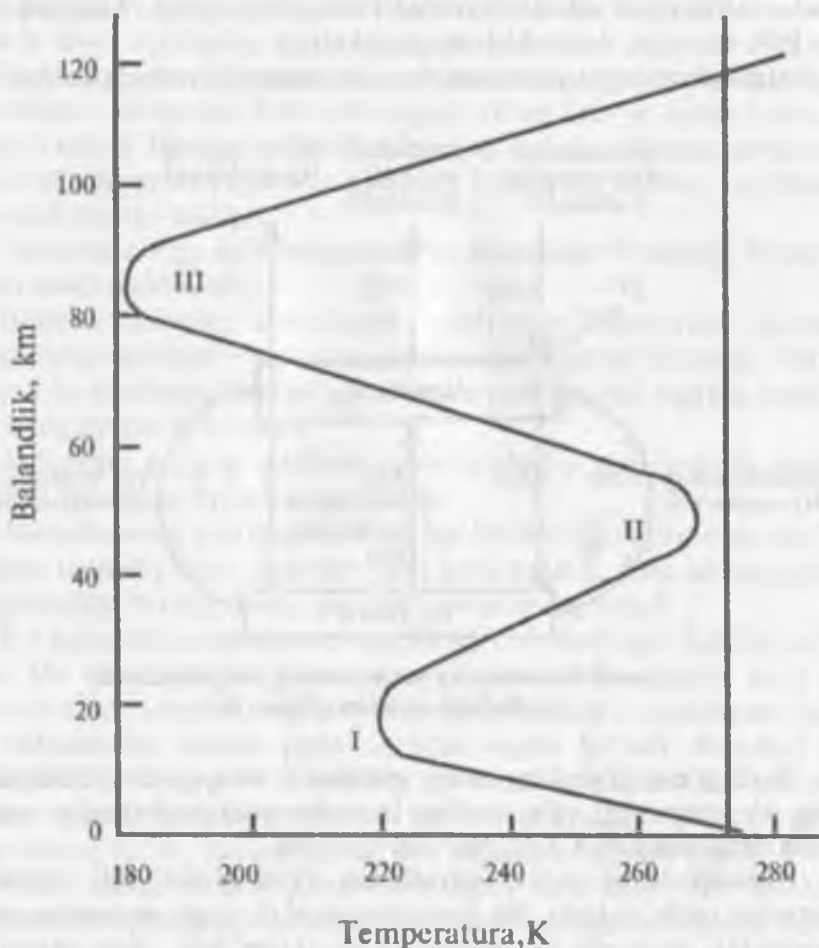
Stratosfera 50–60 km balandlikkacha joylashgan bo'lib, unda havoning zichligi juda kam va atmosferaning umumiy massasidan 5% to'plangan. Stratosferada ham havo faol harakatlanib, havo oqimlarining tezligi 100 km/s gacha bo'lishi mumkin. Stratosferada temperatura 25 km gacha o'zgarmaydi, keyin esa 50–55 km balandlikda sekinlik bilan $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ gacha ko'tarilib boradi. Har 1 km balandlikda temperatura $1-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ga ko'tariladi. Stratosferada temperaturaning ko'tarilishi bu yerda joylashgan ozon qatlamiga bog'liq. Ozon quyoshning UB radiatsiyasini yutib olishi hisobiga havo qizib ketadi. Ozonning eng ko'p miqdori 20–30 km balandlikda to'plangan.

Mezosferada balandlik bo'yicha temperatura pasayib boradi va 80 km balandlikda $-92\text{ }^{\circ}\text{C}$ gacha tushadi. Mezosferada ozon va suv bug'larining miqdori juda kam bo'lgani uchun bu yerda temperatura troposfera va stratosferaga nisbatan ancha past. Havo oqimlarining tezligi bu qatlamda ham juda katta.

Termosferada havoning zichligi kamayib boradi, temperatura esa $+1200\text{ }^{\circ}\text{C}$ gacha ortadi. Temperaturaning ortishi azot va kislorod molekula hamda atomlarining quyosh energiyasini yutib olishiga bog'liq. Bu yerda havoning tarkibi o'zgarib boradi: 100–200 km balandlikda havoning asosiy komponentlari azot va kislorod bo'lsa, 600 km balandlikda geliy hamda vodorodning miqdori ortib boradi.

5-rasmda atmosferada balandlik bo'yicha temperaturaning o'zgarish keltirilgan.

Havoning temperaturasi gaz molekulalarining harakatlanishi tezligiga bog'liq. Zichligi katta bo'lgan muhitda tezlik bilan harakatlanayotgan molekulalar biri biri bilan tez-tez to'qnashadi. Bunda tezligi katta bo'lgan molekulalar nurlanish energiyasini yutib olib, uni boshqa



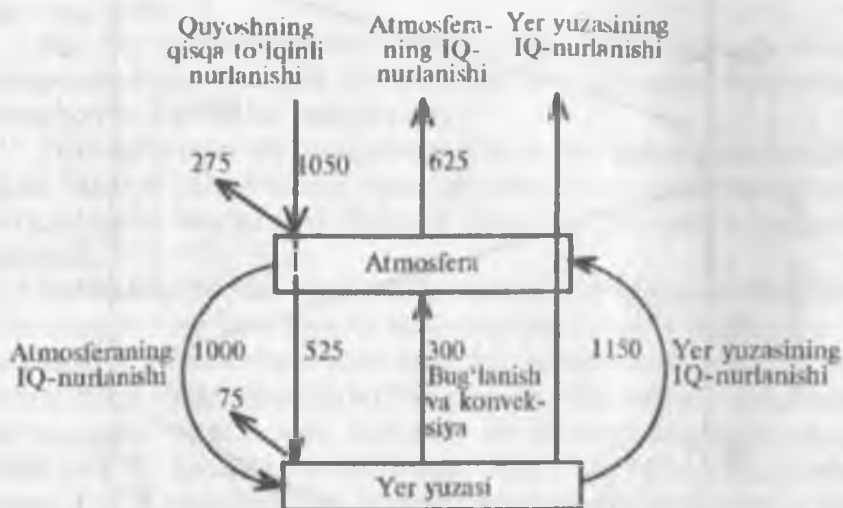
5-rasm. Atmosferada balandlik bo'yicha temperaturaning o'zgarishi.

molekulalarga beradi va buning hisobiga havoning temperaturasi ortadi. Zichligi past bo'lgan muhitda esa molekulalarning tezligi katta bo'lsa ham, ularning biri bilan to'qnashish imkoni kam bo'lgani uchun temperatura oshmaydi.

Shuning uchun termosferadagi temperatura faqat molekulalarning tezligiga va energiyasiga bog'liqdir. Termosferada kosmik nurlanish ta'sirida gaz molekulalari ionlashadi. Atmosferaning eng yuqoridagi qatlami (800 km dan yuqori) ekzosfera deyiladi. Bu qatlamda havoning zichligi yanada kamayadi, temperatura ko'tariladi va molekulalarning

ionlashish darajasi oshadi. Gaz molekulalarning tezligi 12 km/sek gacha bo'lishi mumkin. Ionlashish darajasi katta.

Atmosfera va yer yuzasining issiqlik balansi 6-rasmda ko'rsatilgan.



6-rasm. Atmosfera va yer yuzasining issiqlik balansi (radiatsiya oqimlari $\text{qJ/sm}^2\text{-yil}$)

Yerdagi energiyaning asosiy manbasi — bu quyosh radiatsiyasidir. Quyosh doymiyliigi, ya'ni 1sm^2 ga 1min davomida tushayotgan energiya oqimining miqdori $8,2 (\text{qJ/sm}^2\text{-yil})$ ga teng.

Atmosferaning yuqori qavatlariga $1050 \text{ qJ/sm}^2\text{-yil}$ miqdorida energiya kelib tushadi. Bu energiyaning $1/3$ qismi atmosfera va yer yuzasidan qaytarib yuboriladi ($350 \text{ qJ/sm}^2\text{-yil}$). Yer yuzasi $450 \text{ qJ/sm}^2\text{-yil}$, atmosfera esa $250 \text{ qJ/sm}^2\text{-yil}$ energiyani yutib oladi.

Sxemadan ko'rinib turibdiki, atmosfera uchun asosiy issiklik manbasi — bu yer yuzasidir.

Atmosfera o'zi qabul qilgan issiklikni yana yer yuzasiga qaytaradi, natijada «parnik effekti» hosil bo'ladi.

Yerga kelib tushayotgan energiyaning miqdori quyosh nurlarining kelib tushish burchagiga bog'liq bo'lib, buning hisobiga atmosferaning turli joylari bir xil isimaydi.

Buning natijasida atmosferada havoning sirkulatsiyalari, ya'ni havo oqimlari hosil bo'ladi. Qutublar va ekvator ustida, hamda okean va kontinentlar ustidagi temperaturaning farqi hisobiga atmosferada katta-

hajmdagi havo oqimlarining harakatlari paydo bo'ladi. Atmosferadagi doimiy havo oqimlariga quyidagi oqimlar kiradi:

Passatlar — bu subtropiklardan ekvator tomonga harakat qiladigan oqimlardir. Ekvatorda havo isib tepaga ko'tariladi va qutub tomonga harakat qiladi. Buning natijasida havoning doimiy aylanma harakatlari hosil bo'ladi, ya'ni ekvatorda havo isib tepaga ko'tariladi, tropiklarda esa sovib pastga tushadi.

Mussonlar — bu doimiy tropiklar va materiklar o'rtasidagi kuzatiladigan havo oqimlaridir.

Bundan tashqari, atmosferada vaqti-vaqti bilan yirik aylanma harakatidagi oqimlar — siklon va antisiklonlar hosil bo'lib turadi. Siklon — bu soat strelkasiga teskari yo'nalishda past bosimli markaz atrofida havoning aylanma harakati.

Antisiklon esa soat strelkasi yo'nalishidagi yuqori bosimli markaz atrofida havoning aylanma harakatidir.

Atmosferaning pastki qavatlarida har bir hududning iqlimiga bog'liq bo'lgan mahalliy havo oqimlari ham hosil bo'ladi. Bunday oqimlarga dengizlardagi brizlar, bora, sirokko va boshqalar kiradi.

Yer qatlamining solishtirma issiqlik sig'imi suvnikiga nisbatan ancha kam. Bir xil miqdorda quyosh energiyasini yutib olganda ham yer bilan suvning temperaturasi har xil bo'ladi. Buning natijasida suv bilan yer qatlamining orasida havo oqimlari paydo bo'ladi. Kunduzi yer isishi hisobiga issiq havo ko'tarilib, suv havzasidan quruqlik tomonga harakat qiladi. Kechasi esa yer tez sovib ketadi va quruqliklar ustidagi havo sovuq bo'lib, havo oqimlari suv tomonga harakat qiladi.

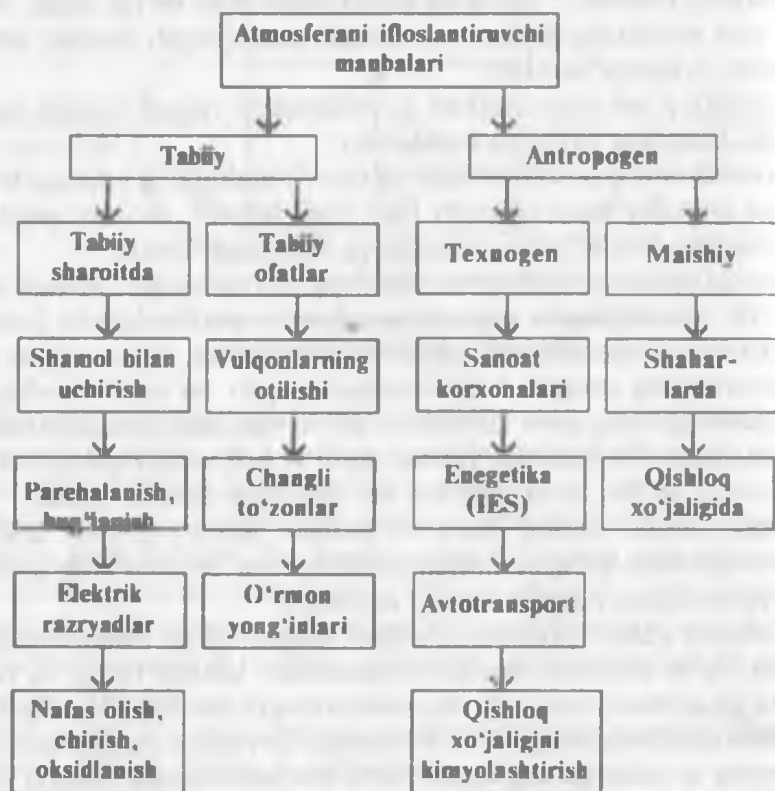
Atmosferada doimo hosil bo'ladigan havo oqimlari hisobiga atmosferaga kelib tushgan ifloslantiruvchilar shu oqimlar bilan aralashib uzoq masofalarga tarqalib ketishi mumkin.

Chiqindi gazlar quvurdan chiqqan vaqtda ularga tashqi muhitdagi omillar, ya'ni atmosfera bosimi, temperatura, shamol tezligi va yo'nalishi ta'sir etishni boshlaydi. Bu meteorologik omillar ifloslantiruvchi moddalarning tarqalishiga ta'sir ko'rsatadi. Quvurdan chiqayotgan tutun gazlarning tarqalishiga eng katta ta'sirni temperaturaning vertikal yo'nalishida o'zgarib borishi ko'rsatadi.

Normal sharoitda troposferada temperatura pasayib boradi. Lekin ayrim holatlarda troposferaning pastki qavatlarida (1–2 km balandlikda) temperatura ko'tarilishi ham mumkin. Bu effekt temperatura inversiyasi deyiladi va bunday holat ifloslantiruvchilarning tarqalishiga to'sqinlik qilishi mumkin.

Atmosfera havosiga yangi, unga xos bo'lmagan fizik, kimyoviy va biologik agentlarni kelib tushishi yoki ularning miqdorini ko'p yillar davomidagi o'rta miqdoridan oshib ketishi ifloslanishi deb hisoblanadi. Jahon sog'liqni saqlash tashkilotiga binoan: «Havoning ifloslanishi unga tushayotgan moddalarning miqdori va ularni havoda saqlanib turish vaqti inson, hayvonotlarga va o'simliklarga zarar yetkazishi mumkin bo'lgan darajada bo'lganda kuzatiladi.»

Atmosfera havosi 2 yo'l bilan ifloslanishi mumkin: tabiiy va antropogen. Atmosfera havosini ifloslantiruvchi manbalari 7-rasmdagi sxemada ko'rsatilgan:



7-rasm. Atmosfera havosini ifloslantiruvchi manbalar.

Atmosfera tabiiy yo'li bilan katta miqdorda turli xil changlar kelib tushadi. Masalan, denudatsiya jarayonlari natijasida yer yuzasidan havoga ko'tarilgan chang tog' jinslari va tuproqlarning mayda zarralari,

o'simlik hamda tirik organizmlar qoldiqlaridan tashkil topgan. Yerdan ikki kilometr balandlikda havodagi chang zarralarning miqdori $0,002-0,02 \text{ g/m}^3$ ga teng. Changli to'zonlar yuz berganda havodagi qattiq zarralarning miqdori 100 g/m^3 gacha bo'lishi mumkin. Bundan tashqari, atmosfera havosi o'rmon, dashtlar va torf botqoqlari yong'inlaridan chiqayotgan changlar bilan ham ifloslanadi. Bu changlar asosan organik massa yonishi natijasida hosil bo'lgan mayda qurum zarralaridan tashkil topgandir.

Dunyo okeani ham atmosfera havosini chang bilan ifloslantiruvchi manbalardan biri hisoblanadi. Suv yuzasidan ko'tarilgan mayda suv tomchilari bug'lanishi natijasida ularning tarkibidagi erigan tuzlar (kalsiy, magniy, natriy, kaliy tuzlari) mikroskopik kristall shakliga o'tib, atmosferadagi havo oqimlari bilan uzoq masofalarga tarqalib ketadi.

Atmosfera havosini doimiy ifloslantiruvchi manbalarga faoliyat ko'rsatib turgan vulqonlar kiradi. Vulqonlar otilishi natijasida atmosferaga katta miqdorda turli xil gazlar, chang va kul tashlanadi. Gazlar asosan HCl , HF , NH_3 , Cl_2 , CO , SO_2 , H_2S , CO_2 va suvdan, qattiq zarralar esa SiO_2 oksididan tashkil topgan.

Bundan tashqari, atmosferaga katta miqdorda kosmik changi kelib tushadi. Bir sutka davomida yer yuzasiga 1000 tonnagacha o'lchami 50–100 mk bo'lgan kosmik changi cho'kmaga tushadi. Ammo atmosferaning ifloslanishida bu chang asosiy rol o'ynamaydi. Noorganik changdan tashqari atmosferada turli xil mayda mikroorganizmlar, zamburug', bakteriya va spora zarralari ham bo'ladi.

Atmosferani ifloslantiruvchi antropogen manbalar sanoatni rivojlanishi, elektroenergiyani ishlab chiqarish va undan foydalanishning ortishi, avtotransport vositalarining ko'payishi, urbanizatsiya va shahar aholisi sonini ortib borishi, qishloq xo'jalikni rivojlantirish va kimyolashtirish kabi jarayonlarning rivojlanishi natijasida hosil bo'ladi. Bu manbalardan tashlanayotgan chiqindilar tarkibida 100 dan ortiq ifloslantiruvchi moddalar aniqlangan bo'lib, ulardan atmosferani eng ko'p miqdorda ifloslantiradigan moddalarga oltingugurt, uglerod va azot oksidlari, uglevodorodlar hamda turli xil changlar kiradi. Bu chiqindilarning miqdori atmosferaga kelib tushayotgan zararli moddalarning umumiy miqdoridan 80–85% ni tashkil qiladi.

Atmosfera havosi juda yuqori darajada harakatlanuvchan muhit bo'lgani uchun unga antropogen manbalardan kelib tushgan har bir ifloslantiruvchi modda uzoq masofalarga tarqalishi va atrof-muhitning global ifloslanishiga olib kelishi mumkin. Bunda uning ta'sir etish

zonasi bir necha marta oshadi va atrof-muhitga global darajada keltirilayotgan zarar mahalliy darajadagi zarardan ko'proq bo'lishi mumkin.

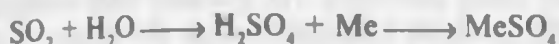
Ifloslantiruvchi moddalarni atmosferada tarqalishi uchta turga bo'linadi:

- 1 – mahalliy tarqalish (10 km);
- 2 – mezomasshtab tarqalish (10–100 km);
- 3 – uzoq masofalarga tarqalish (>100 km).

Masalan, atmosferaga tushgan oltingugurt angidridi ma'lum vaqt davomida havoda quyidagicha tarqaladi:

I. SO ₂	II. SO ₂ H ₂ SO ₄	III. H ₂ SO ₄ , MeSO ₄
mahalliy tarqalish zonasi	mezomasshtab tarqalish zonasi	uzoq tarqalish zonasi
r=10 km	r=100 km	r>100 km

Atmosferaga tushayotgan SO₂ gazi havoda ma'lum vaqt turishi va toza havo tarkibidagi suv bug'larida erishi natijasida avval H₂SO₄ ga, keyin esa yana havodagi metall changlari bilan ta'siri hisobiga MeSO₄ shakliga aylanadi:



Demak, atmosfera havosiga tushgan zaharli moddalarning uzoq vaqt davomida saqlanib turishi natijasida ularning zaharlilik darajasi va hosil bo'lgan ikkilamchi ifloslantiruvchi moddalarning turlari ortib borar ekan. Shuning uchun hosil bo'layotgan zaharli moddalarni o'sha zahoti atmosfera havosiga tushirmay ushlab qolish, ya'ni tozalab olish choralarini ko'rish zarurdir, chunki qanchalik zaharli moddalar manbadan uzoqlashsa, ularni ushlab qolish va zararsizlantirish shunchalik qiyinlashadi.

Atmosfera havosining ifloslanishi oqibatlari

1. Tirik organizmlar uchun zarur bo'lgan havoning sifati buzilishi.
2. Insonlar salomatligining yomonlashishi va kasalliklar turlarini ortib borishi.
3. Kislotali yomg'irlarni yog'ishi natijasida ohakli, marmar, metall qoplamali qurilish inshootlarining yemirilishi.
4. Karbonat angidridning (CO₂) ko'payib borishi natijasida iqlimning isishi (issiqxona effekti)

5. Oltinugurt oksidini (SO_2) ortib borishi hisobiga iqlimni sovib ketishi (yerning albedosi oshishi)

6. Freon gazini havoga tushishi natijasida ozon qatlaminig yemirilishi.

3.2. Atmosferaning barqarorligi

Atmosferaga kelib tushgan ifloslantiruvchilarning tarqalishi atmosferaning barqarorlik darajasiga bog'liq. Atmosfera barqaror bo'lganda havo vertikal yo'nalishida yaxshi aralashmaydi va chiqindilar yer yuzasida to'planib qolib yaxshi tarqalmaydi. Pastki atmosferada havoning aralashishi ikkita asosiy omilga bog'liq:

1) Temperatura gradiyenti;

2) Mexanik turbulentlik (shamolning kuchi);

Issiqlik almashinish jarayonlarini aniqlash uchun atrof-muhitdagi temperatura gradiyenti adiabatik vertikal temperatura gradiyenti bilan solishtiriladi.

Agar havoning kichik bir hajmi atmosferada tepaga qarab harakat qilsa u past bosimli qavatlariga tushib temperaturaning pasayishi hisobiga kengayib boradi. Bu jarayon juda tezlik bilan amalga oshirilishi sababli atrof-muhit bilan issiqlik almashinish kuzatilmaydi, ya'ni bunday jarayonni adiabatik jarayon deb hisoblash mumkin.

Adiabatik jarayon uchun bosim bilan balandlik o'rtasidagi bog'liqlik quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$dp = -\rho \left(\frac{g}{G} \right) dH,$$

bunda: ρ — atmosferaning zichligi;

p — atmosfera bosimi;

g — tortish kuchining tezlashishi;

G — gravitatsion doimiylik;

H — balandlik;

«—» — belgisi balandlik bo'yicha bosim pasayib borishini ko'rsatadi.

Tarkibida ideal gaz bo'lgan yopiq sistema uchun termodinamikaning I qonuni quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\begin{aligned} dQ &= dU + pdv = (dh - pdV - Vdp) + pdV = \\ &= dh - Vdp + pdV = dh - Vdp = C_p dT - \frac{1}{\rho} dp \end{aligned}$$

Bunda: Q – berilayotgan issiqlikning miqdori;

U – sistemaning ichki energiyasi;

$p dv$ – sistemaning bajarayotgan ishi;

h – sistemaning entalpiyasi;

C_p – solishtirma issiqlik sig'imi;

Adiabatik jarayon uchun tenglama quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$C_p dT = \frac{1}{\rho} dp.$$

Quyidagi tenglamani birinchi tenglamaga qo'yganda :

$$C_p dT = - \rho \left(\frac{g}{G} \right) dH \frac{1}{\rho}$$

$$\left(\frac{dT}{dH} \right)_{\text{adiab.}} = \left(\frac{g}{G} \right) \frac{1}{C_p}$$

g bilan C_p ko'rsatkichlarni balandlik bo'yicha o'zgarishi hisobga olinmagan holda quyidagi ko'rsatkichlarning qiymatlari qo'yilganda - $g = 9,806 \text{ m/s}^2$, $G = 1$, $C_p = 1,005 \text{ kJ/kg K}$ tenglama quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\left(\frac{dT}{dH} \right)_{\text{adiab.}} = - \frac{0,0098 \text{ grad}}{1 \text{ m}} = - \frac{1 \text{ grad}}{100 \text{ m}}.$$

Bu tenglama adiabatik vertikal gradiyenti deyiladi va « Γ » simvoli bilan belgilanadi:

$$\Gamma = - \left(\frac{dT}{dH} \right)_{\text{adiab.}} = \frac{1^\circ \text{K}}{100 \text{ m}}.$$

Bu tenglamadan atmosferadagi manfiy temperatura gradiyentini aniqlash uchun foydalaniladi.

Agar havoning namligi baland bo'lsa, temperatura gradiyenti $1 \text{ K}/100 \text{ m}$ ko'rsatkichidan farq qiladi. Masalan, suv bug'lari bilan to'yingan atmosfera uchun vertikal adiabatik temperatura gradiyenti taxminan $0,6 \text{ K}/100 \text{ m}$ ga teng bo'ladi. Vertikal temperatura gradiyentini aniq baholash uchun uni havoning temperaturasiga bog'liqligini hisobga olish kerak.

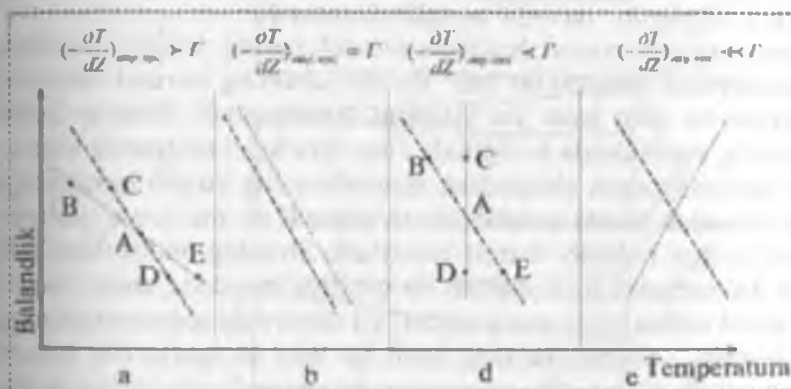
Xalqaro standart atmosfera o'rta meteorologik sharoitlar uchun aniqlanadi va solishtirish maqsadida ishlatiladi. Uni aniqlashda quyidagilar hisobga olinadi: 10,8 km balandlikda temperatura pasayib boradi.

Dengiz sathida $T=288$ K, 10,8 km balandlikda esa $T=216,7$ K ga teng. Bundan kelib chiqqan holda standart yoki normal adiabatni vertikal gradiyent quyidagi qiymatga teng bo'ladi:

$$-\left(\frac{dT}{dH}\right)_{\text{standart}} = \frac{288 - 216,7}{10,8 \cdot 10^3} = \frac{0,0066 \text{ K}}{1 \text{ m}}$$

Atmosferaning barqarorlik darajasini aniqlash uchun vertikal adiabatik temperatura gradiyenti atrof-muhitdagi real temperatura gradiyenti bilan solishtiriladi. Atmosferaning barqarorlik darajasi uning ifloslantiruvchilarni tarqatish qobiliyatini ifodalaydi.

Yil fasliga, hududning iqlimiga, sutka vaqtiga va boshqa sharoitlarga qarab atmosferada quyidagi sharoitlar kuzatilishi mumkin (8-rasm):



8-rasm. Atmosferadagi temperaturaning balandlik bo'yicha o'zgarishi:

_____ atrof-muhitdagi temperatura gradiyenti;
 ----- adiabatik vertikal temperatura gradiyenti.

a) «A» temperaturali havoning kichik bir hajmi tezlik bilan tepaga qarab harakat qilganda ma'lum vaqt o'tgandan so'ng uning «C» nuqtadagi temperaturasi adiabatik gradiyentidagi atrof-muhitning «B» temperaturasidan yuqori bo'ladi.

Shuning uchun ham uning zichligi atrof-muhitdagi havoning zichligidan past bo'lib, u yana tepaga qarab harakat qiladi.

Agar havoning kichik hajmi pastga qarab harakat qilsa, uning «D» nuqtadagi temperaturasi atrof-muhitning temperaturasi «E» dan past bo'ladi. Zichligi yuqori bo'lgani uchun u yana pastga harakat qilayveradi. Bunday atmosfera beqaror deyiladi (yuqori adiabatik atmosfera).

b) Atrof-muhitdagi temperatura gradiyenti adiabatik temperatura gradiyenti bilan bir xil bo'lsa, atmosfera befarq deyiladi. Havoning har bir hajmi harakat qilganda uning temperaturasi atrof-muhitdagi temperatura bilan bir xil bo'ladi. Demak, u harakat qilmaydi.

d) Atrof-muhitdagi temperatura gradiyenti vertikal adiabatik temperatura gradiyentidan past bo'lsa, atmosfera adiabatikdan past deyiladi. Bunday atmosfera barqaror hisoblanadi, ya'ni havoning har bir hajmi vertikal yo'nalishda harakat qilsa, yana o'zining avvalgi holatiga qaytib keladi.

e) Agar balandlik bo'yicha temperatura ko'tarilib borsa, atmosferadagi sharoit temperatura inversiyasi deyiladi. Bunday atmosfera kuchli darajada barqaror hisoblanadi va bu sharoitda ifloslantiruvchi moddalar yer yuzasida to'planib, havoda tarqalib ketmaydi.

Temperatura inversiyasi holatida atmosferaning yuqori qavatlarini pastki qavatlaridan issiqroq bo'ladi. Bunda havoning normal sirkulatsiyasi buziladi va issiq havo yer yuzasini qoplab oladi. Bunday holat tog'lar orasida, pastliklarda kuzatiladi. Inversiya hosil bo'lganda korxonalaridan tashlanayotgan chiqindilar atmosferaning yuqori qavatlariga tarqalib ketmasdan pastki qavatlarida to'planadi va shu yerda yashaydigan aholi uchun nohush sharoit yaratiladi. Shuning uchun ham har bir sanoat korxonasini joylashtirish va qurilish maydonchasini tanlab olishdan avval ushbu hududning iqlimi, yil davomida temperaturaning o'zgarib borishi, inversiyalarning hosil bo'lishi va qaytarilib turishi tekshirib chiqiladi. Chiqindilarning ruxsat etilgan me'yorlarini belgilashda olib borilgan tadqiqotlar hisobga olinishi shart.

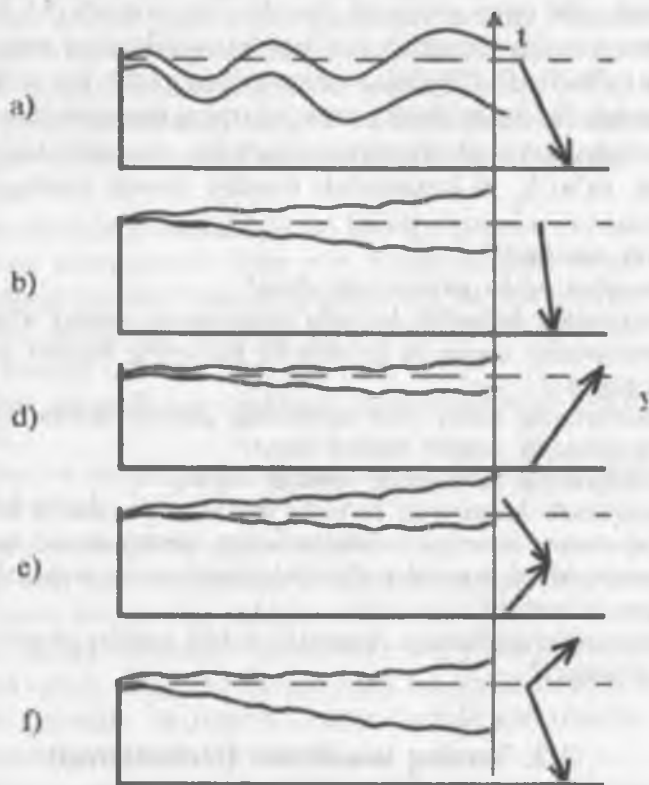
Inversiyalar faqatgina atmosferaning yuqori qavatlarida emas, balki, yer yuzida ham hosil bo'lishi mumkin. Inversiyalar 2 turga bo'linadi:

1) Cho'kish inversiyasi. Bunday inversiya havoning bir qavati yuqori bosimli havo massasiga cho'kkanda hosil bo'ladi. Masalan, antisiklonlarda katta hajmli havo siqilib qiziganda va h.k.

2) Radiatsion inversiyasi. Bunday inversiya yer yuzasi kechasi issiqlikni yo'qotib sovishi hisobiga hosil bo'ladi. Kunduzi atmosfera yerdan chiqayotgan issiqlik hisobiga qiziydi. Kechasi esa yer tez sovib ketishi hisobiga atmosferaning pastki qavatlarini yuqori qavatlariga nisbatan sovuqroq bo'lishi mumkin. Ertalab quyosh chiqishi bilan yer

yana qizib boradi va inversion qavat buzilib, amosferadagi normal sharoit qayta tiklanadi.

Atmosferadagi sharoitga qarab quvurdan chiqayotgan gazlar quyi-dagi ko'rinishda tarqaladi (9-rasm):



9-rasm. Quvurdan chiqayotgan tutun gazlarning tarqalishi turlari:

a – tulqinsimon oqim; b – konus shaklidagi oqim; d – yelpig'ich shaklidagi oqim; e – ko'tarilgan oqim; f – tutatuvchi oqim.

Vertikal temperatura gradiyenti yerning qizish darajasiga bog'liq. Yer qanchalik issiq bo'lsa, havoning vertikal yo'nalishida aralashishi shunchalik yaxshi bo'ladi.

a) To'lqinsimon oqim beqaror atmosfera holatida hosil bo'ladi. Tutunning bunday shakli kunduzi yer yaxshi qiziganda kuzatiladi.

b) Konussimon oqim vertikal adiabatik gradiyent kuchsiz bo'lganda kuzatiladi (bulut, shamol bo'lganda).

d) Yelpig'ich shaklidagi oqim inversiya holatida hosil bo'ladi. Bunda vertikal yo'nalishda havo yaxshi aralashmaydi. Bunday holat havo ochiq bo'lganda, qor qatlamida, kuchsiz shamolda kuzatiladi.

e) Ko'tarilgan oqim kechasi 1—3 soat davomida kuzatiladi. Bunday holat ifloslantiruvchilarning tarqalishida qulay hisoblanadi.

f) Tutatuvchi oqim gigiyenik jihatdan eng nohush deb hisoblanadi. Bunda temperatura faqatgina ma'lum balandlikkacha pasayib boradi, keyin esa ko'tariladi. Quvurdan chiqayotgan gazlar yer yuzasiga qarab harakatlanadi. Bu holat ifloslantiruvchilarning tarqalishida eng noqulay deb hisoblanadi va ifloslantiruvchilarning yer sathidagi maksimal miqdorini, ya'ni S_m ni hisoblashda bunday sharoit hisobga olinadi.

Nazorat savollari

1. Atmosfera necha qavatdan tuzilgan?
2. Atmosferada balandlik bo'yicha temperatura qanday o'zgaradi?
3. Atmosferadagi asosiy va qo'shimcha gazlarning miqdori qaysi birlikda o'lchanadi?
4. Atmosferaning asosiy havo oqimlariga qanday oqimlar kiradi?
5. Atmosferaning issiqlik balansi nima?
6. Atmosferaning barqarorligi nimaga bog'liq?
7. Atmosferada barqarorligi bo'yicha qanday sharoitlar bo'lishi mumkin?
8. Temperatura inversiyasi nima va uning qanday turlari mavjud?
9. Atmosferadagi sharoitlar ifloslantiruvchilarning tarqalishiga qanday ta'sir ko'rsatadi?
10. Ifloslantiruvchilarning tarqalishi uchun qanday sharoit eng qulay hisoblanadi?

3.3. Yerning ionosferasi (termosferasi)

Yerning ionosferasi 50 km dan 1000 km gacha balandlikda atmosfera havosini quyosh radiatsiyasi ta'sirida ionlashtirilishi natijasida hosil bo'ladi. Ionosferaning tarkibi o'rta va past kengliklarda to'liq quyosh radiatsiyasiga bog'liq bo'lsada, yuqori kengliklarda korpuskular quyosh radiatsiyasi katta ahamiyatga ega.

Quyosh turli xil elektromagnit nurlanishlarning manbayidir, bu — kvant, rentgen nurlari, radioto'lqinlar hamda yuqori tezliklarga ega bo'lgan zaryadlangan zarralarning oqimlaridir. Ular ta'sirida Yer atro-fida zaryadlangan plazma qavati hosil bo'ladi. Zaryadlangan zarralarning miqdori ionlashish jarayonining tezligiga, rekombinatsiya va zaryadlangan zarralar oqimining divergensiyasi, ya'ni vaqt birligida

birlamchi hajmga kirib kelayotgan va undan chiqib ketayotgan zaryadlangan zarralarning miqdoriga bog'liqdir.

Ionosfera *D*, *E*, *F* qavatlardan tashkil topgan. *F* qavati 300 km balandlikda joylashgan bo'lib, uning balandligi yil fasliga, vaqtga va boshqa omillarga ko'ra o'zgarib turadi. *E* qavati 100 km balandlikda, *D* qavati esa undan pastda joylashgandir (uning balandligi qisqa diapazondagi to'lqinlarning yutilishiga qarab aniqlanadi ($10 < \lambda < 100$ m)).

Quyosh spektrida, issiqlik bilan yorug'likdan tashqari, yuqori energiyali qisqa uzunlikdagi rengen va ultrabinafsha nurlari mavjud bo'lib, ushbu nurlanishlar gaz molekulalari bilan to'qnashganda ularni parchalaydi.

Avval molekulalar atomlarga bo'linadi. Atomlar ionlashtiradigan nurlanishning energiyasini yutib olib «faol» holatga keladi. Bu faol atomlar boshqa zarralar bilan to'qnashib ion va elektronlarga parchalanadi, ya'ni ionlashish jarayoni kuzatiladi. Bundan keyin quyidagi jarayonlar amalga oshadi:

— musbat zaryadli ion elektron bilan to'qnashib neytral zarrani hosil qiladi;

— musbat va manfiy zaryadli ion reaksiyaga kirishib ikkita neytral zarrani hosil qiladi.

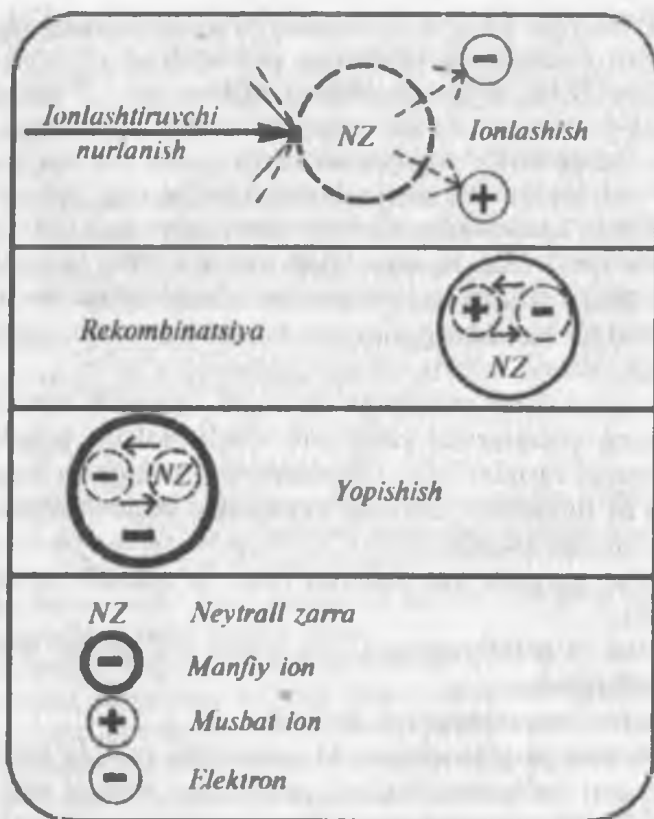
Bu jarayon rekombinatsiya deyiladi.

100 km dan pastda, ayniqsa *D* qavatining pastida atmosferaning zichligi yuqori bo'lganligi tufayli elektronlar neytral zarralar bilan to'qnashib, ularga «yopishib» qoladi va manfiy atom hamda molekulalarni hosil qiladi. Shuning uchun ham bu yerda neytral atom yoki molekulalar, manfiy va musbat ionlar hamda elektronlar orasidagi reaksiyalar amalga oshadi (10-rasm).

Ionlashtirish energiyasi yuqoridan kelib, havoni plazmaga aylantirish jarayoni natijasida kamayib boradi. Yerga yaqinlashgan sari bu energiya kamaygani uchun ionlarning hosil bo'lish jarayoni asosan o'rta qavatlarda kuzatiladi. Bu 300–350 km balandlikdadir. Bu yerda erkin elektronlarning soni 1 sm^3 havoda bir necha millionni tashkil qiladi.

Pastki ionosferada ozon bilan NO komponentlari muhim ahamiyatga ega.

Fotokimyoviy jarayonlar ayniqsa 90–200 km balandlikda muhimdir, 200 km dan yuqorida esa diffuzion oqimlar katta rol o'ynaydi. 90 km dan pastda amalga oshiriladigan jarayonlarga asosiy ulushni manfiy ionlar va ion-gidratlar $\text{H}^+ (\text{H}_2\text{O})_n$ ($n = 1, 2, 3, \dots$) kiritadi.



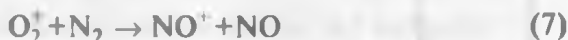
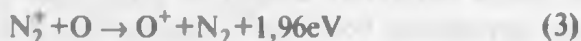
10-rasm. Yuqori atmosferada zarralarning o'zgarishi.

Quyosh va kosmik nurlanish ta'sirida hosil bo'lgan musbat ionlarning asosiy kimyoviy reaksiyalarini ko'rib chiqamiz.

20–200 km balandlikda fotokimyoviy muvozanat holatida asosiy birlamchi ionlar — bu O^+ , N_2^+ , O_2^+ ionlaridir. N^+ , H^+ , He^+ , NO^+ ionlarning reaksiyalarini bu balandlikda hisobga olmasa ham bo'ladi.

Lekin ionlar tarkibi fotokimyoviy muvozanatining buzilishiga olib keladigan omillar, masalan elektr va magnit maydonlari ta'sirida o'zgarishi mumkin. Agar F qavatida 50–150 mV/m li elektr maydoni ta'sir etsa, ion tarkibi o'zgarib, asosiy ion NO^+ bo'lib qoladi. O^+ , N_2^+ , O_2^+ ionlar ionosferada quyidagi reaksiyalarga kirishadi:





120–140 km dan yuqorida birinchi to'rtta reaksiya asosiy o'ringa ega 120–140 km dan pastda esa qolgan reaksiyalar katta ahamiyatga ega.

E qavatidan pastda N_2^+ ionlar asosan to'rtinchi reaksiya bo'yicha o'zgaradi, 100 km dan pastda esa beshinchi reaksiya bo'yicha o'zgaradi.

O_2^+ ionlar E va undan pastki qavatlarda 6–8 reaksiyalar bo'yicha o'zgaradi, natijada NO^+ ionlari hosil bo'ladi.

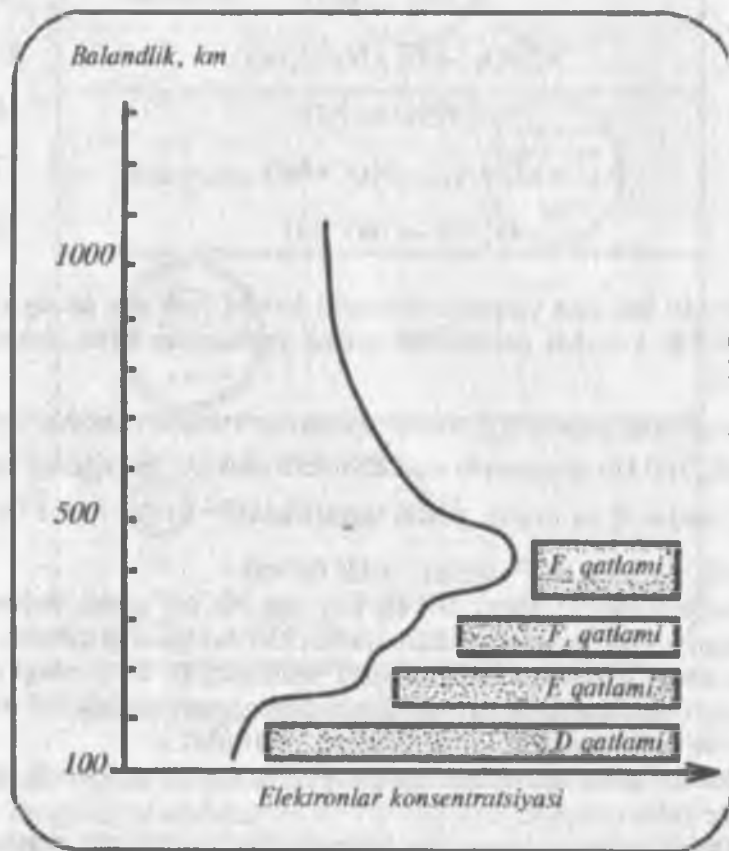
Ionosferaning D qavati 50–60 km dan 90 km gacha balandlikda joylashgan bo'lib, bu yerda radiatsiya kuchsiz bo'lganligi sababli, uning quvvati asosiy gazlarni ionlashtirishga yetishmaydi. Bu yerdagi energiya ning quvvati faqatgina havoning tarkibidagi azot oksidlarini ionlashtirishga va NO^+ ionlarini hosil qilishga yetarlidir.

Shunday qilib, ionosferadagi jarayonlar tahlili natijasida quydagi xulosalar kelib chiqadi:

– Quyoshning to'liqini va korpuskular nurlanishi atmosferani 50–1000 km balandlikda ionlashtirishi natijasida musbat ion hamda elektronlardan tashkil topgan Yerning ionosferasi hosil bo'ladi. Ionlarning taqsimlanishi quyosh nurlanishining quvvatiga, ya'ni quyoshning faolligiga, yil fasliga, sutkadagi vaqtiga va boshqa omillarga bog'liqdir.

– Elektron va ionlar ionli-molekular jarayonlarda yo'qolib ketadi. Ionlashish, rekombinatsiya va diffuziya jarayonlari natijasida elektronlar miqdorining taqsimlanishida balans o'rnatiladi. Ionosferadagi sharoitlar kenglikka bog'liqdir. O'rta kengliklarda elektronlar miqdori bir xil bo'lib saqlanib turadi, chunki ularning hosil bo'lishi quyoshning to'liqini

nurlanishiga bog'liq. Pastki kengliklarda elektronlarning taqsimlanishi tartibi ancha murakkab, chunki bu yerda ionosferadagi ionlarni hosil bo'lishi quyoshning korpuskular nurlanishiga bog'liqdir (11-rasm).



11-rasm. Ionosferaning rasmi-elektronlarning balandlik bo'yicha taqsimlanishi.

— Ionosferadagi sharoitlar radioto'lqinlarning taqsimlanishiga ta'sir ko'rsatadi, ya'ni bu to'lqinlarni ionosferaning qavatlari yutib olishi yoki qaytarib yuborishi mumkin.

— Ionosferadagi faol elektroqimlar Yer yuzasidagi magnit maydonining o'zgarishiga ta'sir etadi. Ushbu tok oqimlarning magnit maydoni inson salomatligiga hamda Yer biosferasiga katta ta'sir ko'rsatishi mumkin.

Nazorat savollari

1. Ionosfera nima va u qaysi balandlikda joylashgan?
2. Ionosfera qanday qavatlardan tuzilgan?
3. Plazma deganda nimani tushunasiz?
4. Ionosferadagi ionlashish, rekombinatsiya va «yopishib qolish» jarayonlari nima?
5. Qaysi zarralar ionosferada asosiy hisoblanadi?
6. Ionosferadagi asosiy reaksiyalar qanday?
7. Zaryadlangan zarralar ionosferada balandlik bo'yicha qanday taqsimlanadi?
8. Radioaloqani ta'minlashda ionosfera qanday rol o'ynaydi?

3.4. Yerning ozon qatlami

Ozon — O_3 kislorodning allotropik modifikatsiyasidir. Ozon havoning bepayon makonida juda oz miqdorda tarqalgan bo'lib, asosan 20–32 km balandlikda uchraydi. Ozon qatlamini atmosferaning qalqoni deb atashadi. Buning boisi ozon molekulasining optik faolligi va quyosh nurlarini keng spektrlarda yuta olishidir.

Ozonning atmosferadagi miqdori juda oz bo'lsada, Yerda yashovchi jamiki jonzot uchun benihoya katta ahamiyatlidir. U tirik jonzotni ultrabinafsha nurlarning zararli qismi ta'siridan himoya qiladi.

Stratosferadagi ozon qatlamining konsentratsiyasini o'lchash uning kamayib borayotganligidan darak beradi.

Keyingi 10–15 yil ichidagi ma'lumotlar stratosferadagi ozon konsentratsiyasi joylarda 3–7% kamayganligini ko'rsatadi. Ozon miqdori Janubiy qutb ustida bahor paytlarida 50, ba'zi yillari hatto 90% ga kamayishi sezilgan.

Atmosferadagi ozonning umumiy massasi 3,3 mlrd. tonnaga teng. Ozon qatlamining qalinligi normal sharoitlarda o'rtacha 2,6–3 mm, ekvatorida 2 mm, baland kengliklarda esa 4 mm ni tashkil qiladi. Ozonning asosiy massasi stratosferada to'plangan. Masalan, Yer yuzasida va troposferada ozonning miqdori 0 dan 10–4% gacha o'zgarsa, stratosferada bundan o'n va yuz barobar ko'proqdir. Stratosferaning har xil joylarida ozonning miqdori o'zgarib turadi. Uning miqdori geografik kenglikka, yil fasliga quyoshning faolligi davriga va boshqa omillarga bog'liqdir. Ko'pincha ozonning maksimal miqdori 18–25 km balandlikda kuzatiladi.

Ozon yuqori darajada zaharli gaz bo'lib, u kuchli oksidlantiruvchi sifatida barcha moddalar bilan reaksiyaga kirishadi. Ozon bilan nafas

olib bo'lmaydi, shuning uchun ham uning troposferadagi oz miqdori ham tirik organizmlar uchun o'ta xavflidir.

Ozonning eng asosiy xususiyati bu — nurlanishni yutib olish qobiliyatidir:



Ozonning to'liq uzunligi 1130 nm dan kichik bo'lgan (infraqizil nurlanish) nurlanishni yutib parchalanadi, ammo nurlanishning maksimal yutilish uzunligi 320 nm dan kichik bo'lgan to'liqlar uchun kuzatiladi (ultrabinafsha nurlanish). Ozon quyoshning ultrabinafsha nurlanishini kislorodga nisbatan 1000 barobar yaxshiroq yutadi. Uning stratosferadagi o'rtacha miqdoriga nisbatan o'nlab va yuzlab barobar katta bo'lgani uchun quyoshning ultrabinafsha nurlarini to'liq yutib olishga yetarlidir. Shuning uchun ham stratosferadagi ozon himoyalovchi funksiyasini bajaradi va uning atmosferaning bu qavatida kamayib ketishi barcha tirik organizmlar uchun juda xavfli bo'lishi mumkin.

Atmosferada ozonning maksimal miqdori to'plangan zonasi 15–35 km balandlikda joylashgan. Undan yuqorida ozonning miqdori kamayib boradi va 85 km balandlikda ozon umuman yo'q bo'lib ketadi. Shuning uchun ham mezosferadagi ozon kam miqdorda ultrabinafsha nurlanishni yutib oladi va biosferani nurlanishdan himoyalashda sezilarli rol o'ynamaydi.

Atmosferadagi ozonning miqdorini baholash uchun uning havoning har bir balandligidagi miqdori, ya'ni 1 sm³ havodagi ozon molekullarining soni aniqlanadi — [O₃]. Atmosferadagi ozonning umumiy miqdorini aniqlash uchun esa Dobson birligidan foydalaniladi. Agar atmosferaning 1 m² maydoniga teng bo'lgan vertikal kesimidagi barcha ozon molekullari pastga tushirilsa, ular ma'lum qalinlikdagi qatlamni hosil qiladi. Bu qatlamning 1 santimetrining mingdan bir qismi 1 Dobson birligi (D.b.)ga tengdir. — N(O₃). Atmosferadagi ozonning umumiy miqdori — N(O₃) 200–300 Dobson birligiga teng. Demak, ozon qatlamining qalinligi 2–3 millimetрни tashkil qiladi.

Ozonning umumiy miqdori doimo o'zgarib turadi — 120 dan 760 D.b. gacha va o'rtacha yil davomida butun yer shari bo'yicha 290 D.b. ni tashkil etadi. Ozon miqdorining turli balandliklarda o'zgarishiga fotokimyoviy jarayonlar bilan bir qatorda havo oqimlarining harakatlaniishi ham hissa qo'shadi. Hozirgi kunda yil fasliga va geografik kengliklarga bog'liq bo'lgan ozonning o'zgarishlari o'rganib chiqilgan bo'lib, bu tadqiqotlarga binoan shimoliy yarim sharning 300 sh.k.

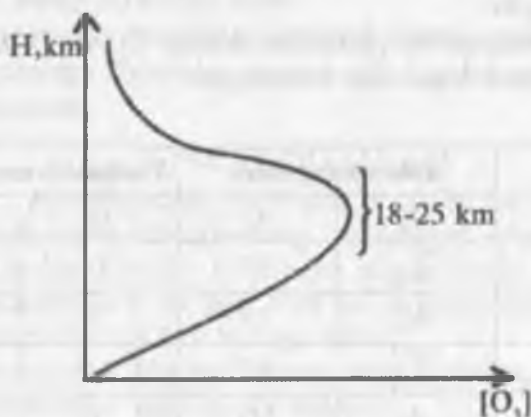
atmosfera-dagi ozonning maksimal miqdori qish faslining oxirida — bahorning boshida, minimal miqdori esa kuzda (sentabr-oktabrda) kuzatiladi. Eng katta o'zgarishlar yuqori kengliklarga xos bo'lib (70–800 sh.k.), bu yerdagi ozonning miqdori mart oyida 450 D.b. dan, sentabr oyida 280 D.b. gacha o'zgarib turishi mumkin. 40–430° sh.k. kengliklarda o'zgarishlar uncha sezilarli emas, ya'ni bahorda 370 D.b. dan kuzda 280 D.b. gacha. Past kengliklarda (30° sh.k. dan past) yil fasli bo'yicha o'zgarishlar umuman kam bo'lib, 20 D.b.ga teng.

Umuman, atmosferada yil fasli va balandlik bo'yicha ozonning miqdorini o'zgarishiga ko'ra uch zonani ajratish mumkin:

1 — qutbli zona — bu yerda yil bo'yicha ozonning miqdori eng katta bo'lib, o'rtacha 400 D.b. ni tashkil qiladi, faslga ko'ra o'zgarib turishi 50% ga teng; ozonning miqdori maksimal bo'lgan zona 13–15 km balandlikda joylashgan bo'lib, bu yerda ozon konsentratsiyasi, ya'ni 1 sm³ havodagi ozon molekularining soni $(4-5)10^{12}$ sm³ ni tashkil qiladi;

2 — tropik zona — yil bo'yi ozonning miqdori kam bo'lib, o'rtacha 265 D.b. ga teng, fasl bo'yicha o'zgarishi 10–15% dan oshmaydi; ozonning miqdori maksimal bo'lgan zona 24–27 km balandlikda joylashgan, bu yerda ozon konsentratsiyasi $(1-2)10^{12}$ sm³ ga teng;

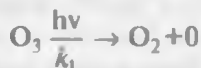
3 — o'rta kengliklar — ozon miqdorining yil fasliga qarab o'zgarishi 30–40% ga teng; ozonning miqdori maksimal bo'lgan zona 19–21 km balandlikda joylashgan, bu yerda ozon konsentratsiyasi $3 \cdot 10^{12}$ sm³ ga teng (12-rasm).



12-rasm. Ozonning miqdorini balandlik bo'yicha o'zgarishi.

3.4.1. Ozonning atmosferada hosil bo'lishi va parchalanishi

Ozon molekulasini kimyoviy jihatdan juda faol zarra bo'lib, uning parchalanishi uchun juda kam, ya'ni 1 eV energiya talab qilinadi:



Quyoshning ultrabinafsha nurlanishi ta'sirida kislorod molekulasini yuqori reaksiya qobiliyatiga ega bo'lgan faol holatlarning biriga o'tadi.

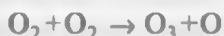
Ozon hosil bo'lishi uchun $^3\Sigma_u^-(4,9eV)$ va $^3\Sigma_u^-(6,09eV)$ holatlari faoldir. Ushbu holatlardan O_2 molekulasini atomlarga parchalanadi:



Ozon 175–190 va 207–220 nm to'liq uzunligida hosil bo'ladi, ushbu reaksiyaning energiyasi 5–6 eVga tengdir:



Yoki ozon molekulasini $^3\Sigma_u^-(4,9eV)$ holatidagi faol kislorod molekulasini ishtirokida hosil bo'ladi:



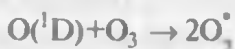
Yorug'lik kvanti ta'sirida ozon molekulasini bitta O_2 molekulasini va bitta O atomiga parchalanadi. Bu zarralarning holati to'liq uzunligiga bog'liqdir.

Ozonning fotokimyoviy parchalanishidagi O_2 va O zarralarining faollashish energiyasi 5-jadvalda keltirilgan:

5-jadval

To'liq uzunligi, nm	Kislorodning holati		Faollashish energiyasi, eV	
	O_2	O	O_2	O
1180	$^3\Sigma_g^-$	3P	0	0
611	Δ_g	3P	1	0
463	$^1\Sigma_g^+$	3P	1,6	0
310	Δ_g	3D	1	1,85
226	$^1\Sigma_g^+$	3D	1,6	1,85

310 nm dan kam bo'lgan to'lqin uzunlikdagi kvant yutib olganda O_2 molekulasini va O atomi elektron faol holatida hosil bo'ladi. $O(^1D)$ atomlarining ozon molekulasini bilan reaksiyasi tebranayotgan-faollashgan O_2 molekulasini hosil qilishi mumkin:



Faollashgan kislorod molekulasining ozon bilan o'zaro ta'siri quyidagi reaksiyaga olib keladi:



Shunday qilib, O atomlari va faollashgan O_2 molekulasini ishtirokida atom-energetik zanjir hosil bo'ladi. Bir yutilgan yorug'lik kvantiga 6 ta ozon molekulasini parchalanadi. Agar kislorod atomlari 3P holatida bo'lsa, birinchi reaksiya O_2 faollashgan molekulasini ikkinchi reaksiyani amalga oshirish mumkin bo'lgan tebranish darajasida hosil bo'lishiga olib kelmaydi va energetik zanjir paydo bo'la olmaydi.

Shunday qilib, uzunligi 240 nm dan kichik bo'lgan nurlanish ta'sirida kislorod molekulasini dissotsiatsiyalanib, ikkita kislorod atomini hosil qiladi. Yutilgan kvant energiyasi miqdoriga qarab, hosil bo'lgan kislorod atomlarining bittasi yoki ikkitasi ham faol holatda bo'lishi mumkin:



bunda $O(^1D)$ — faol holatidagi atom, uning energiyasi 1,95 eV ga teng;

$O(^3P)$ — asosiy holatdagi atom.

Faqatgina asosiy holatdagi kislorod atomi ozon molekulasining sintezi reaksiyasiga kirishishi mumkin. Bu jarayon quyidagi tenglama bilan ifodalaniladi:



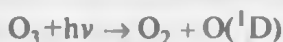
bunda M — atmosferadagi «uchinchi modda» bo'lib, u reaksiyada ajralib chiqayotgan energiyaning bir qismini o'ziga qabul qiladi. Uchinchi modda sifatida ko'pincha atmosferada boshqa gazlarga nisbatan miqdori ko'p bo'lgan azot va kislorod molekulasini bo'lib, ular reaksiya natijasida faol holatga keladi.

Ozon molekulasini kislorod atomi bilan reaksiyaga kirishib, ikkita kislorod molekulasini hosil qilishi mumkin:



Bu reaksiya ko'pincha «juftsiz kislorod» ishtirokidagi reaksiya deb ataladi va uning natijasida ozon stratosferadan chiqib ketadi. Ammo bu reaksiyaning tezligi ozonning hosil bo'lishi reaksiyasidan ancha past bo'lib, u ozonning kamayib ketishiga sezilarli ta'sir ko'rsatmaydi.

Ozonning ko'p qismi asosan quyosh nurlanishini yutilish hisobiga birinchi reaksiya bo'yicha parchalanib ketadi. Yutilgan kvant energiyasiga ko'ra kislorod atomi faollashgan yoki asosiy holatda bo'lishi mumkin:



Asosiy holatdagi kislorod atomi yana ozonning sintezi jarayonida ishtirok etishi mumkin. Ozonning hosil bo'lishi va parchalanish reaksiyalari ozonning nolinchi sikli deyiladi.

Ozonning parchalanish jarayonlari gidroksid radikali (vodorodli sikl), azot oksidlari (azotli sikl), xlor va brom birikmalari (xlorli va bromli sikllari) ishtirokida hosil bo'ladigan zanjirli reaksiyalar hisobiga tezlashishi mumkin.

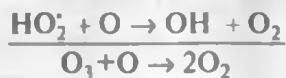
Vodorodli sikl. To'lqin uzunligi 240 nm dan kichik bo'lgan yorug'lik kvantini yutishi hisobiga suv molekulasini parchalanib, gidroksil radikali va vodorod atomini hosil qilishi mumkin:



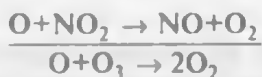
Gidroksil radikallari suv molekulasini va metan gazining faol kislorod bilan reaksiyaga kirishishi jarayonida ham hosil bo'lishi mumkin:



Bu jarayonlarda hosil bo'lgan gidroksil radikali ozon bilan reaksiyaga kirishishi mumkin. Reaksiya mahsulotlari sifatida gidroksil radikali va kislorod molekulasini hosil bo'ladi. Gidroksil molekulasini asosiy holatdagi kislorod atomi bilan reaksiyaga kirishib, kislorod molekulasini va gidroksil radikalini hosil qiladi. Vodorodli sikl amalga oshishi natijasida ozonning nolinchi sikli buzilib ketadi:



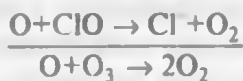
Azotli sikl. Ozon bilan reaksiyaga kirishganda azot oksidlari azot dioksidi holatigacha oksidlanadi, ammo kislorod atomi bilan reaksiyaga kirishishi natijasida yana azot oksidi hosil bo'ladi. Shu bilan azot sikli yopiladi, lekin buning natijasida ozonning nolinchii sikli buziladi:



Shuni aytib o'tish kerakki, ozon qatlami uchun faqatgina stratosferada to'g'ridan to'g'ri hosil bo'lgan azot oksidlari va dioksidlari xavflidir. Troposferada hosil bo'lgan NO va NO₂ larning yashash vaqti juda qisqa bo'lganligi uchun ular stratosferaga chiqib ulgurmaydi. Yer yuzasida hosil bo'lgan azot oksidlaridan faqatgina uzoq vaqt havoda saqlanib turadigan va stratosferaga yetib borishi mumkin bo'lgan azot gemioksidi N₂O xavf yaratishi mumkin. Bu gaz tuproqlarda denitrifikatsiya jarayonlari natijasida hosil bo'lib, u faol holatdagi kislorod atomi bilan reaksiyaga kirishib, azot oksidini hosil qiladi va ozon parchalanishining azotli sikliga olib keladi:



Xlorli sikl. Xlor atomi ozon molekulasini bilan reaksiyaga kirishib, xlor oksidi va kislorod molekulasini hosil qiladi. Xlor oksidi kislorod atomi bilan reaksiyaga kirishib, xlor atomi bilan kislorod molekulasini hosil qilishi mumkin. Xlorli sikl tugashi natijasida ozonning nolinchii sikli buzilib ketadi:



Xlor atomi stratosferada xlorflor uglevodorodlar -freonlar parchalanishi natijasida hosil bo'ladi. Freonlar tirik organizmlar uchun zaharsiz, yonish va portlashga barqaror, reaksiya qobiliyati juda past moddalar bo'lib, ular ko'p yillar davomida muzlatkichlar texnikasida, penoplast va kauchuk ishlab chiqarishda, turli xil maishiy mahsulotlarni olishda va aerazol idishlarida ishlatilgan.

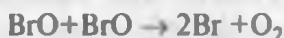
Stratosferaga kelib tushganida freon birikmalari to'lqin uzunligi 240 nm dan kichik bo'lgan nurlanish bilan to'qnashib, natijada xlor atomi hosil bo'ladi. Masalan, F-11 freoni (CFCl₃);



Boshqa yo'li freon molekulasidagi xlor atomini qisman yoki to'liq almashtirish bilan bog'liqdir. Bunda molekulaning reaksiya qobiliyati ortishi hisobiga uning yashash vaqti qisqaradi. Yoki u ozon qatlami uchun xavfsiz bo'lib qoladi chunki tarkibida xlor bo'lmasa xlorli sikl hosil bo'lmaydi.

Quyidagi reaksiyalar 20–40 km balandlikda amalga oshirilishi ehtimoli ko'proq, ya'ni ozonning parchalanishi balandlikka bog'liq — 35 km dan yuqorida ko'proq xlor sikli, pastda esa — azot sikli amalga oshadi.

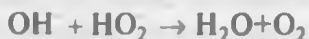
Bromli sikl. Brom atomi xlor atomi kabi ozon bilan reaksiyaga kirishib brom oksidi va kislorod molekulasini hosil qilishi mumkin. Lekin xlor oksididan farqi shundaki, BrO boshqa brom oksidi yoki xlor oksidi molekulasini bilan reaksiyaga kirishib, natijada ikkita galogen atomi va kislorod molekulasini hosil bo'ladi:



Avvalgi ko'rilgan sikllarda xlor, azot oksidi va gidroksil radikalining kislorod atomi bilan reaksiyalari juda sekinlik bilan o'tadigan jarayondir. Bromli siklda esa kislorod atomi ishtirok etmaydi va bu jarayonning boshqa sikllariga nisbatan tezligi ancha katta, shuning uchun brom ozon qatlami uchun xavfliroq hisoblanadi. Lekin, bromli siklning ozon qatlamiga ta'siri boshqa sikllarga nisbatan ancha kam, chunki atmosferada bromning miqdori ham kamdir. Brom atmosferaga asosan yong'inlarni o'chirishda qo'llaniladigan tarkibida brom bor bo'lgan organik birikmalar (galonlar)dan kelib tushadi. Bu birikmalarning ham troposferada yashash vaqti uzoq bo'lganligi uchun ular stratosferaga ko'tariladi va quyoshning ultra binafsha nurlari ta'sirida parchalanadi. Bunda hosil bo'lgan brom atomi ozon molekulasini bilan reaksiyaga kirishadi.

Barcha ko'rib chiqilgan jarayonlarda «faol» zarralar sarflanib ketmaydi va ularning har bittasi qayta-qayta (107 gacha) ozonning parchalanish jarayonida ishtirok etishi mumkin. Bu zarralarni stratosferadan chiqib ketishi ozon qatlamining parchalanishdan saqlashda muhim ahamiyatga ega. «Faol» zarralarni stratosferadan chiqib ketishining bir necha yo'llari bo'lishi mumkin.

Masalan, vodorod siklida asosiy rolni o'ynaydigan gidroksid va gidroperooksid radikallari atmosferaning komponentlari bilan reaksiyaga kirishadi. Stratosfera uchun quyidagi reaksiyalar asosiy bo'lishi mumkin:



Bundan tashqari, gidrooksil radikali azot oksidi bilan ham reaksiyaga kirishishi mumkin:



Bu jarayon «faol» zarralarning vaqtincha saqlanib turish rezervuarini hosil qiladi, chunki HNO_2 kislotasi tezlik bilan parchalanib yana boshlang'ich zarralarni hosil qiladi. Azotli sikl to'liq tugallanishi uchun bunday vaqtinchali rezervuarlar troposferaga chiqib ketishi kerak.

«Faol» zarralarning troposferaga chiqib ketishi xlorli va bromli sikillarida ham muhim ahamiyatga ega.

Bu sikllardagi «faol» zarralar boshqa reaksiyalarga ham kirishib vaqtinchali rezervuarlarni hosil qilishi mumkin. Masalan, xlor oksidi bilan azot dioksidi reaksiyaga kirishganda ozon qatlamiga nisbatan inert bo'lgan xlorli nitrozil hosil bo'ladi:



Bu jarayon ClO va NO_2 larning miqdori ortganda faollashadi va natijada azotli hamda xlorli sikllar birgalikda amalga oshirila olmaydi. Lekin bunday birikmalarning hosil bo'lishi ma'lum sharoitlarda, masalan, Antarktidada ozon o'qqoni hosil bo'lishida ozon qatlami uchun o'ta xavfli bo'lishi mumkin.

3.4.2. Ozon qatlamining yemirilishiga olib keluvchi tabiiy va antropogen manbalar

Ozon qatlamini yemirilishga turli xil tabiiy va antropogen manbalardan kelib tushayotgan ifloslantiruvchi moddalar ta'sir ko'rsatadi.

Tabiiy manbalarga asosan vulqonlar kiradi. Masalan, vulqonlar faoliyati natijasida stratosferaga yil bo'yi 10 dan 100 ming t gacha xlor kelib tushadi. Bu jarayon ozon parchalanishining xlorli siklini faollashishiga olib keladi.

Ozonning parchalanishiga olib keladigan antropogen manbalarga quyidagi manbalar kiradi:

1-muzlatgich va aerezollarning qo'llanilishi. Ulardan foydalanish natijasida atmosferaga xlorfluoruglerodlar, ya'ni freonlar kelib tushadi. Bundan tashqari, atmosferaga antropogen manbalardan bir qator boshqa xlor birikmalari ham kelib tushishi mumkin. Masalan, polivinilxlorid destruksiyasi natijasida hosil bo'ladigan xlorometil CH_2Cl metilxloroform CH_3nCl_3 , CCl_4 va boshqalar;

2-qishloq xo'jaligida mineral o'g'itlarning qo'llanilishi. Og'itlarning chirishi jarayonida azot oksidlari ajralib chiqadi va atmosferaga kelib tushadi. Natijada ozon parchalanishining azotli sikli faollashadi;

3-samolyot va raketalarning uchishi jarayonida stratosferaga to'g'ridan-to'g'ri katta miqdorda azot oksidlari hamda suv bug'lari tashlanadi va ozon qatlamiga ta'sir etadi, ya'ni azotli va vodorodli sikllarini tashkil qiladi;

4-yadro quroli sinovlari o'tkazilishi natijasida yuqori temperatura ta'sirida atmosfera havosida azot oksidlari hosil bo'ladi.

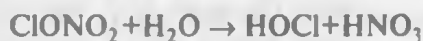
3.4.3. Ozon o'pqqoni

«Ozon o'pqqoni» deganda atmosferadagi ozonning ma'lum joylarda umumiy miqdorini kamayib ketishi tushuniladi. Bu hodisa birinchi marta Antraktidada kuzatilgan bo'lib, oxirgi yillarda bu yerda har yili takrorlanib turadi. Antraktidadagi ozon o'pqqoni yil fasliga bog'liq bo'lgan hodisadir va u faqatgina bahor faslida hosil bo'ladi. Masalan, 1987-yil bahorda ozonning umumiy miqdori 300 D.b dan 150–200 D. b, ayrim joylarda esa 100 D.b gacha kamayishi kuzatilgan. Hosil bo'lgan o'pqqonning maydoni esa 40 mln km^2 ni tashkil qilgan. Oxirgi yillarda esa ozon o'pqqonining maydoni kengayib bormoqda va u Avstraliya bilan Chili hududigacha yetib borgan haqida ma'lumotlar berilmoqda.

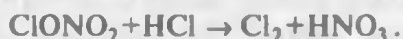
Ozon o'pqqonining hosil bo'lishi mexanizmi 1995-yil Sh. Rouland (AQSH), M. Molina (AQSH) va P.Krutsen (FRG) olimlari tomonidan ishlab chiqilgan bo'lib, ularning tadqiqotlariga binoan Antarktidadagi bu hodisa tabiiy omillar bilan birgalikda atmosfera havosiga ta'sir etuvchi antropogen omillarga ham bog'liqdir. Antarktidada har yili qish faslida hosil bo'ladigan sirkum qutbli vixr, ya'ni havoning aylanma harakati hosil bo'lishi hisobiga atmosferaning ushbu joyida stratosferaning boshqa joylari bilan havo almashining vaqtincha to'xtab qoladi

va bu yerga stratosferaning boshqa zonalaridan ozonning kelib tushishi to'xtatiladi. «Vixr» ichida havoning temperaturasi 70–800°C gacha pasayadi.

Stratosferada aerosol shaklidagi muz kristallari va sovutilgan suv tomchilaridan tashkil topgan mustahkam bulutlar, ya'ni aerosollar paydo bo'ladi. Bu aerosollar tarkibiga xlor oksidi dimerlari (ClO)₂, xlorli nitrozil (ClONO_2) va azotning boshqa birikmalari (HNO_3 , HNO_2) kiradi. Qish faslida bu birikmalar aerosollar bilan bog'langan bo'lib, ozon bilan reaksiyaga kirishmaydi. Bahor faslida sirkumpolyarli vixr buzilib ketadi va temperatura ko'tarilishi bilan muz kristallarining sirt yuzasida quyidagi geterogen kimyoviy jarayonlar amalga oshadi:



yoki



Hosil bo'lgan Cl_2 va HOCl molekularlari beqaror bo'lib, birinchi quyosh nurlari paydo bo'lishi bilan parchalanadi:



Shunday qilib, bahor fasli kelganda Antarktida muzliklari ustidagi stratosferada bir qator ozonning yemiruvchi moddalar paydo bo'ladi va ular ozonning parchalanish jarayonini tashkil qiladi. Qish faslida kamayib ketgan ozonning o'rni esa to'ldirilishga ulgurmaydi.

Antarktidaning ustidagi ozonni parchalanishida xlor oksidi dimerlari ham muhim rol o'ynaydi. Bu moddalar beqaror bo'lib, nurlanish ta'sirida parchalanadi:



Bu jarayonlar natijasida kislorod hosil bo'ladi:



Bu reaksiya «dimerli sikl» deyiladi. Shunday qilib, bahor faslida geterogen reaksiyalar va dimerli sikl natijasida Antarktida ustidagi stratosferada ozonning miqdori kamayib, ozon o'qqoni hosil bo'ladi. Keyinchalik muz kristallari erib geterogen jarayonlar to'xtaydi, xlor

oksidi qisman sarflanib ketadi, qisman esa azot dioksidi bilan bog'lanib xlorli nitrozil birikmasini hosil qiladi. Havo sirkulatsiyalari orqali bu joyga tashqi atmosferadan ozon kelib tushadi va o'pqqon bir-ikki oy davomida yopiladi hamda parchalangan ozonning o'rni to'ldiriladi.

3.4.4. Ozon qatlamining himoyalash borasida xalqaro hamkorlik

O'tgan asrning o'rtalaridan boshlab davom etib kelgan galogen organik birikmalarni ishlab chiqarish va qo'llanilishining o'sishi atmosferada bu moddalarning miqdorini oshib ketishiga olib keldi. Masalan, 1970-yildan 1980-yilgacha freon-11 va freon-12 moddalarning stratosferadagi miqdori 3–4 barobar oshdi. Shu bilan birga stratosferadagi ozon miqdorining sezilarli darajada kamayishi kuzatildi.

Antarktida ustidagi stratosferada ozonning kamayib ketishi va «ozon o'pqqonini» hosil bo'lishi asosan xlorfluoruglevodorodlarga bog'liq bo'lganligi sababli, barcha davlatlar tomonidan ozonni yemiruvchi moddalarning ishlab chiqarilishini kamaytirishda va atmosferani ifloslanishining oldini olishda birgalikda harakat qilish zarur ekanligi ta'kidlandi.

Freon va ozonni yemiruvchi boshqa birikmalarning ishlab chiqarilishini kamaytirishga qaratilgan birinchi xalqaro hujjat Monreal protokoli bo'ldi. U 1987-yilda 30 ta davlat tomonidan tasdiqlanib, 1989-yilning 1-yanvaridan kuchga kirdi.

Monreal protokoli bo'yicha uni tasdiqlagan davlatlar quydagi majburiyatlarni bajarilishini o'z oldiga maqsad qilib qo'ydilar:

1. Freon 11,12, 113,114,115-moddalarini ishlab chiqarishni;
 - 1992-yildan boshlab 1986-yil darajasida muzlatib qo'yish;
 - 1993-yildan boshlab 1986-yildagi darajasidan 80% ga kamaytirish;
 - 1998-yildan 1986-yildagi darajasidan 50% ga qisqartirish;
2. Galon ishlab chiqarishni (o't o'chirishda ishlatiladigan bromlangan galogen alkanlar) 1986-yil darajasigacha qisqartirish.

1989-yilda Yevropa birlashmasi vazirlar mahkamasi 2000-yilga qadar freonlarni ishlab chiqarilishi to'liq to'xtatilishi haqida e'lon qildi. AQSh ham shunday majburiyatlarni oldi. Bir yil keyin Monreal protokolini tasdiqlagan davlatlarning barchasi (60 dan ko'p) bu siyosatni qo'llab quvatladilar.

1990-yilda Monreal protokoli qayta ko'rib chiqildi va uni tasdiqlagan davlatlar quyidagi majburiyatlarni o'z oldilariga qo'ydilar.

1. Freonlarning ishlab chiqarishni
 - 1995-yildan boshlab 50% ga qisqartirish;
 - 1997-yildan boshlab 15% ga qisqartirish;
 - 2000-yil qadar to'liq to'xtatish.
 2. Tetraxlor metan ishlab chiqarishni (crituvchi sifatida ishlatiladigan to'rt xlor uglerod) – 1995-yildan boshlab 15% ga qisqartirish;
 - 2000 yilga qadar to'liq to'xtatish.
 3. Galon ishlab chiqarishni 2000-yilga qadar to'xtatish (almash-tiruvchi modda ma'lum bo'lmagan birikmalardan tashqari).
 4. 1,1,1-uchxlor etan ishlab chiqarishni (erituvchi sifatida ishlatila-digan):
 - 1995-yildan boshlab 70% ga qisqartirish;
 - 1997-yildan boshlab 30% ga qisqartirish;
 - 2005-yilga qadar to'liq to'xtatish.
- Shuni aytib o'tish kerakki, Monreal protokoli barcha davlatlar tomonidan to'liq bajarilib kelmoqda.

Nazorat savollari

1. Ozon qatlami atmosferada qaysi balandlikda joylashgan?
2. Atmosferadagi ozonning umumiy miqdori qanday birlikda o'lchanadi?
3. Ozonning atmosferadagi umumiy miqdori qancha?
4. Ozonning nolinchi sikli deganda nima tushiniladi?
5. Ozon yemirilishining kislorodli sikli nima?
6. Ozon qatlami qaysi antropogen chiqindilar ta'sirida yemiriladi?
7. Ozon qatlami yemirilishining azot, vodorod va xlorli sikllari. Reaksiya tenglamalarini keltiring.
8. «Ozon o'pqoni» nima?
9. Antarktidadagi «ozon o'pqoni»ning hosil bo'lishi sabablari nimada?
10. Ozon qatlamini himoyalash borasida qanday xalqaro hujjatlar qabul qilingan?

3.5. Chiqindilarning troposferadagi kimyoviy o'zgarishlari.

Troposferadagi erkin radikallar

Atmosferaning yer qatlamiga eng yaqin joylashgan qavati tropos-fera bo'lib, uning havosi bilan insonlar nafas oladi va bu yerda hosil bo'layotgan yomg'irlar tirik organizmlarni ichimlik suv bilan ta'minlaydi.

Troposferada asosiy gazlardan (N_2 , O_2 , Ar) tashqari qo'shimcha moddalar ham aniqlangan bo'lib, ularga inert gazlar, CH_4 , H_2 , O_3 ,

CO, SO₂, H₂S gazlari kiradi. Bu moddalarning miqdori juda kam bo'lsa ham, ular atmosfera havosining sifatiga katta ta'sir ko'rsatadi. Ayrim gazlar zaharli xususiyatlarga ega, boshqalari esa atmosferaning tiniqligini yomonlashtiradi va yerning issiqlik nurlanishini kamaytiradi.

Barcha yer yuzasidan atmosferaga kelib tushayotgan gazlar qaytarilgan holatda yoki oksidlanish darajasi past holatida kelib tushadi, masalan, CH₄, NH₃, NO, H₂S gazlari va hokazo. Yomg'ir bilan yerga qaytib tushayotgan moddalar esa oksidlanish darajasi yuqori bo'lgan holatda, ya'ni sulfat kislotasi, sulfatlar, azot kislotasi, nitratlar, gidrokarbonatlar va boshqa oksidlangan moddalar shaklida kelib tushadi. Demak, troposfera oksidlantiruvchi rezervuar vazifasini bajarar ekan. Troposferadagi oksidlanish jarayonlarida asosiy rolni erkin radikallar o'ynaydi. Tashqi orbitasida bitta yakka elektron bo'lganligi sababli ular kuchli oksidlantiruvchi agentlar deb hisoblanadi. Erkin radikallardan asosiysi — bu gidroksil radikalidir.

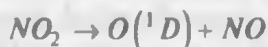
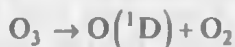
Gidroksil radikali HO[•] atmosferada 3 yo'nalish bo'yicha hosil bo'lishi mumkin:

1) Stratosferaning yuqori qavatlarida va stratopauzadan yuqorida suvning fotodissotsiatsiyasi jarayoni natijasida hosil bo'lishi mumkin:

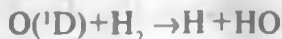
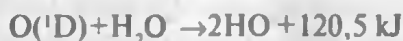


2) Stratosferada OH radikali faol kislorod atomi O(¹D) ishtirokidagi reaksiyalarda hosil bo'ladi:

Avval O(¹D) hosil bo'ladi:

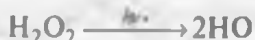
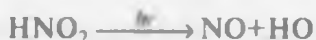


Keyin esa O(¹D) asosan suv bilan va qo'shimcha metan hamda vodorod bilan reaksiyaga kirishadi:

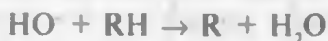
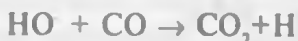


Uchta jarayonning ham tezlik konstantalari $(1-4) \cdot 10^{-10} \text{ sm}^3/(\text{molek.s})$ ga teng.

3) Troposferaning pastki qavatlarida gidroksil radikalni azot kislotalari va peroksid birikmasini quyosh nuri ta'sirida parchalanishi natijasida ham hosil bo'ladi:

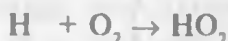


Gidroksil radikalining troposferadagi asosiy reaksiyalariga uglerod oksidi, organik birikmalar va azot oksidi bilan reaksiyalari kiradi:

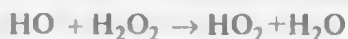


Gidroksil radikalining miqdori troposferada $(0,5-5) \cdot 10^6$ va stratosferada 10^7 sm^{-3} ga tengdir.

Uglerod oksidini CO_2 gacha oksidlanishi uglevodorodlarning atmosferadagi parchalanishining oxirgi bosqichidir. Hosil bo'lgan vodorod atomi O_1 bilan birikib gidroperoksid radikalini hosil qiladi:



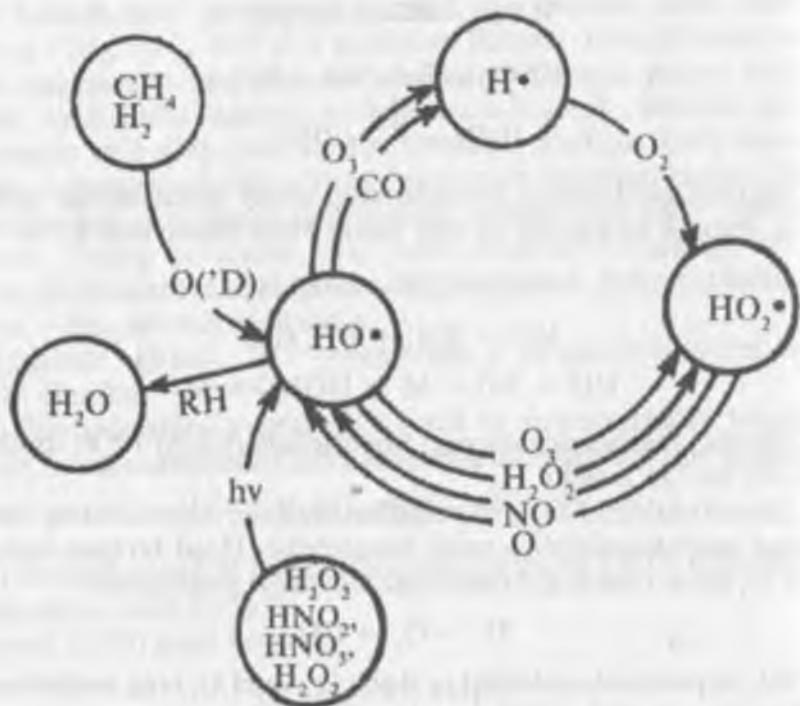
HO_2 troposferada gidroksil ta'sirida O_3 va H_2O_2 ning parchalanishi hisobiga ham hosil bo'ladi:



Gidroperoksid radikalni yonish jarayonlarida hamda fotokimyoviy smog hosil bo'lishida oraliq zarra sifatida muhim rol o'ynaydi. U NO molekulasi bilan oksidlanishida ishtirok etadi yoki ozon bilan reaksiyaga kirishadi:



13-rasmda keltirilgan sxemada tarkibida vodorod bor bo'lgan zaralarning troposfera va stratosferada asosiy o'zgarishlari ko'rsatilgan.



13-rasm. Gidroksil radikalining atmosferadagi kimyoviy o'zgarishlari.

Nazorat savollari

1. Troposferadagi havoning tarkibiga qaysi gazlar kiradi?
2. Troposferada ifloslantiruvchi moddalar asosan qanday reaksiyalarga kirishadi?
3. Troposferadagi oksidlanish jarayonlarida erkin radikallarning roli qanday?
4. Hidroksil radikali atmosferada qaysi yo'llar orqali paydo bo'ladi?
5. Atmosferadagi gidroksil qaysi moddalar bilan reaksiyaga kirishadi?
6. Hidroperoksid radikali qanday jarayonlarda ishtirok etadi?
7. Uglevodorodlarning parchalanishi natijasida qaysi asosiy moddalar hosil bo'ladi?

3.6. Organik moddalarning atmosferadagi kimyoviy o'zgarishlari

3.6.1. Organik moddalarning atmosferaga kelib tushishi manbalari

Organik birikmalar atmosferaga turli xil manbalardan kelib tushadi va atmosferadagi murakkab fizik-kimyoviy jarayonlarda ishtirok etadi. Havoning tarkibidagi asosiy organik birikmalarga metan, asetilen, uchuvchan uglevodorodlar C_2-C_{20} , karbonil birikmalari, spirt va karbon kislotalar, azot hamda oltingugurt birikmalari, xlor va florxloruglevodorodlar, aromatik uglevodorodlar hamda aerezollar tarkibidagi organik moddalar kiradi. Ularni atmosferaga kelib tushish manbalarining quvvatini aniqlash, havoda tarqalishini, taqsimlanishini va atmosfera komponentlari bilan reaksiyaga kirishishini o'rganish atmosferadagi umumiy fizik-kimyoviy jarayonlarni tushunishda muhim ahamiyatga ega.

Organik birikmalarni atmosferaga kelib tushish manbalari ikki turga bo'linadi: tabiiy va antropogen.

Tabiiy manbalarga quyidagi manbalar kiradi:

1. Biogen manbalar. Bu manbalar Yerdagi tirik modda, ya'ni biotaning tarkibidagi tirik organizmlarning hayot faoliyati bilan bog'liq bo'lgan jarayonlarda hosil bo'ladi. Biotaning tarkibiga sayyoramizning umumiy fitomassasi (o'rmonlar), tuproqdagi mikroorganizmlar (bakteriya, zamburug'lar, mikroskopik suv o'tlari) hamda hayvonot olami kiradi. Ularning barchasi, ya'ni eng oddiy bakterial to'qimalaridan boshlab yuqori sinflarga mansub o'simlik va hayvonoatlargacha o'z faoliyati natijasida atrof-muhitga turli xil organik birikmalarni ajratib chiqaradi. Bu moddalar nafas olish, ozuqani iste'mol qilish, chirish va boshqa jarayonlarda hosil bo'ladi. Masalan, metan gazi anaerob bakteriyalar faoliyati natijasida botqoq va tuproqlarda hosil bo'ladi.

2. Geogen manbalar. Ularga quyidagilar kiradi:

– vulqonlar faoliyati; bu manbalardan atmosferaga katta miqdorda metan va uning gomologlari C_2-C_6 , to'yinmagan uglevodorodlar, alkanlar va izoalkanlar, aromatik uglevodorodlar, benz(a)piren, aldegid, keton, spirt va xlor birikmalari kelib tushadi; bundan tashqari, vulqonlardan tashlanayotgan chiqindilar tarkibida freonlar ham aniqlangan;

– yer qatlamidan chiqayotgan organik gazlar; ular yer qatlamining tarkibidagi suvda erigan holatda bo'lib asosan neft-gaz konlaridan ajralib chiqadi;

— o'rmon yong'inlari; daraxt, barglar va yerdagi chirigan o'simliklar yonganda hosil bo'lgan tutun gazlarning tarkibida havoga 50 dan ortiq yengil uchuvchan organik birikmalar kelib tushadi; ulardan asosiylari — bu metan va alkanlar C_1-C_7 , alkenlar C_2-C_5 , benzol va uning gomologlari, karbonil birikmalari C_1-C_7 , to'yinmagan aldegid hamda ketonlar; bundan tashqari tutun gazlarning tarkibida katta miqdorda fenol va poliyadro aromatik uglevodorodlar ham atmosferaga kelib tushadi.

Organik birikmalarning antropogen manbalariga quyidagilar kiradi.

1. Avtotransport vositalari. Avtotransport chiqindi gazlarining tarkibida 500 dan ortiq organik birikmalar aniqlangan bo'lib, ularga boshlang'ich uglevodorodlardan tashqari to'liq oksidlanmagan mahsulotlar, termik destruksiya va boshqa kimyoviy o'zgarishlar natijasida hosil bo'lgan moddalar kiradi; bu chiqindi gazlarning ko'p qismi oddiy uglevodorodlar C_1-C_2 hamda alkan, alkilnaften, polialkilbenzol va naftalin birikmalaridan tashkil topgandir; bundan tashqari, avtomobil chiqindi gazlarining tarkibida katta miqdorda to'yinmagan uglevodorodlar, azot va oltingugurt birikmalari, metallorganik birikmalar (tetraetil va tetrametilqo'rg'oshin) va tirik organizmlar uchun o'ta zaharli hisoblangan, kanserogen xususiyatlarga ega bo'lgan poliyadro aromatik uglevodorodlar (3,4-benz(a)piren va boshqalar) hosil bo'ladi.

2. Sanoat korxonalari. Sanoat korxonalariida hosil bo'layotgan chiqindilarning miqdori juda katta bo'lib, ular tayyor mahsulotning umumiy hajmidan bir necha foizni tashkil qilishi mumkin. Bu chiqindilarning tarkibi ishlab chiqarish sohasiga qarab o'zgaradi.

Eng ko'p miqdorda tarkibida organik moddalar bo'lgan chiqindilar kimyo va neft-kimyo sanoatida hosil bo'ladi; ularning tarkibida boshlang'ich xomashyo komponentlari, oraliq va qo'shimcha sintez mahsulotlari bo'lishi mumkin.

Masalan, yog'-moy va yuvish vositalarini ishlab chiqarish korxonalari chiqindilari alkanlar, karbonil birikmalari, efir va karbon kislotalardan tashkil topgan. Yog'ochni qayta ishlash korxonalariida asosan aldegid, keton, spirt, karbon kislotalar C_1-C_6 , terpenlar hosil bo'ladi. Qog'oz va sellulozani qayta ishlash korxonalari chiqindilari asosan alifatik va aromatik spirtlar hamda formaldegiddan tashkil topgan.

3. **Shahar kommunal xo'jaligi.** Hozirgi vaqtda yirik shaharlarda urbanizatsiya jarayonlari natijasida kommunal xo'jaligi korxonalari atmosfera havosini turli xil organik moddalar bilan ifloslantiruvchi manbalariga aylanib qolmoqda.

Bu moddalar aholi yashash binolarida, suv va issiqlik ta'minoti tizimida, maishiy chiqindilarni saqlash joylarda hamda ularni qayta ishlash korxonalarida, kiyimlarni kimyoviy tozalash korxonalarida hamda maishiy hamda sanoat oqova suvlarni biologik tozalash stansiyalarida hosil bo'lib, atmosfera havosiga kelib tushadi. Ularning tarkibida merkaptan, sulfidlar, aminobirikmalar, organik spirtlar, to'yingan va diyen uglevodorodlari, aldegid, ketonlar va boshqa organik moddalar bo'lishi mumkin.

Bundan tashqari, aholi har kungi ehtiyojlari uchun foydalanadigan tabiiy gaz ham organik ifloslantiruvchilarni ajratib chiqaruvchi manbalar qatoriga kiradi.

Tabiiy gaz yonishi jarayonida hosil bo'lgan mahsulotlar tarkibida 22 komponent aniqlangan bo'lib, ulardan asosiysi formaldegid gazidir. Oddiy sharoitda 1m³ tabiiy gaz yonganda 150 mg CH₂O hosil bo'ladi.

3.6.2. Metan gazining atmosferadagi kimyoviy o'zgarishlari

Yer yuzasidan atmosferaga kelib tushayotgan uglevodorodlar bir qator kimyoviy reaksiyalarga kirishib, oxirgi bosqichida uglerod oksidi CO ning hosil bo'lishiga olib keladi.

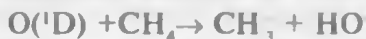
Uglevodorodlardan eng oddiysi metan gazi bo'lib u botqoqlardan, ruda konlaridan va tabiiy gaz tarkibida havoga kelib tushadi. Reaksion qobiliyati past bo'lgani uchun u atmosferada uzoq vaqt davomida saqlanib turishi mumkin.

Shuning uchun ham metan troposferadan diffuziya jarayonlari natijasida stratosferaga ko'tariladi. Metan gazining troposfera va stratosfera sharoitida kimyoviy o'zgarishlari asosan, bir xil bo'lsada, ammo fotokimyoviy oksidlanishning boshlang'ich bosqichlari balandlikka bog'liqdir:

1) Yuqori stratosferada uzunligi 160 nm dan kichik bo'lgan ultrabi-nafsha nurlar ta'sirida fotoliz jarayonlari amalga oshadi:



2) Stratosferaning o'rta qavatlarida oksidlanish jarayoni faqat kislorod atomi $O(^1D)$ ishtirokida amalga oshiriladi:



3) Pastki stratosfera va troposferada $O(^1D)$ ning miqdori kam hamda ultrabinafsha radiatsiyasi kuchsiz bo'lgani uchun, bu yerda asosiy jarayon – gidroksil radikali bilan reaksiyasidir:



Metan va uning gomologlarining troposferadagi fotokimyoviy oksidlanishi asosan radikalli mexanizm bo'yicha amalga oshiriladi.

Birinchi bosqichda hosil bo'lgan metil radikali kislorod molekulası bilan reaksiyaga kirishib metilperoksid radikalini hosil qiladi:



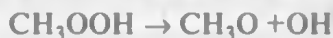
Ochiq atmosfera sharoitida hosil bo'lgan radikal parchalanib metoksil radikalini hosil qiladi. Bu jarayon ikki yo'nalish bo'yicha amalga oshirilishi mumkin:



Metoksil radikali gidroperekis hosil bo'lish yo'li orqali ham hosil bo'lishi mumkin:



Gidroperekis ultrabinafsha nurlari ta'sirida yoki HO bilan reaksiyaga kirishganda parchalanadi:

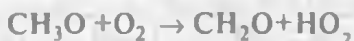


Qo'shimcha jarayon sifatida metilperoksid radikaliga azot oksidlarining birikishi reaksiyalari amalga oshishi mumkin:



Hosil bo'lgan mahsulotlar quyosh nuri ta'sirida boshlang'ich komponentlarga yana qayta parchalanishi mumkin.

Metoksil radikali kislorod bilan reaksiyaga kirishganda formaldegid hosil bo'ladi:



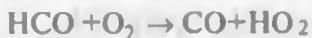
Formaldegid quyoshning ultrabinafsha nurlari ta'sirida fotoliz natijasida parchalanishi mumkin:



Formil radikali HCO formaldegid molekulasini gidroksil bilan reaksiyaga kirishganda ham hosil bo'ladi:

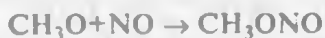


Hosil bo'lgan formil radikali gidroksil yoki kislorod bilan reaksiyaga kirishib uglerod oksidi CO ni hosil bo'lishiga olib keladi. Uglerod oksidi organik birikmalarning atmosferadagi oksidlanish jarayonining oxirgi mahsulotidir:



Quyidagi keltirilgan metanning fotokimyoviy oksidlanishining sxemasi metanning troposferadagi kimyoviy o'zgarishlarining asosiy yo'nalishlarini namoyon qiladi (14-rasm). Bu sxemada oksidlanish jarayonida hosil bo'lgan oraliq mahsulotlari azot oksidlarining atmosferadagi aylanma harakatiga kirishishi ko'rsatilgan.

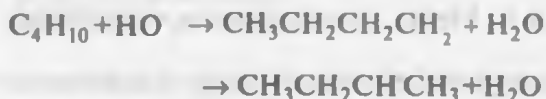
Metanning oksidlanish jarayonida atmosferadagi azot oksidi va dioksidi ishtirokida amalga oshiriladigan bir qator qo'shimcha reaksiyalar ham amalga oshishi mumkin:



uzilishi va hosil bo'lgan o'rtadagi radikallar izomerizatsiyaga uchrashi mumkin.

Oksidlanish jarayonini N-butan misolida ko'rib chiqamiz, chunki bunda yuqori gomologlar uchun ham xos bo'lgan hamma bosqichlarni kuzatish mumkin.

Oksidlanishning birinchi bosqichida gidroksil radikali metil va metilen guruhi bilan reaksiyaga kirishib, birlamchi yoki ikkilamchi radikal hosil bo'ladi:

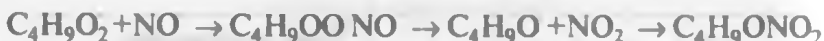


Ikkilamchi atomning uzilish jarayonining tezligi katta bo'lganligi uchun reaksiya 85% ga ikkinchi yo'nalish bo'yicha amalga oshiriladi.

Butil radikali havodagi kislorod molekulasini bilan to'qnashganda tegishli alkilperoksid radikallari hosil bo'ladi:



Alkilperoksid radikallari azot oksidi bilan reaksiyaga kirishib butoksil radikali va butilnitratlarni hosil qiladi. Reaksiya oraliq holatidan o'tish orqali quyidagi sxema bo'yicha amalga oshadi:



Hosil bo'lgan alkoksil radikallar organik birikmalar molekularining atmosfera havosidagi destruksiyasida hamda azot birikmalarining aylanma harakatida muhim rol o'ynaydi. Keltirilgan reaksiyalarda hosil bo'lgan butoksil radikallar $\text{C}_2\text{H}_5\text{C}(\text{O})\text{HCH}_3$ va $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O}$ keyinchalik amalga oshirilishi mumkin bo'lgan quyidagi uchta yo'nalish bo'yicha o'zgarib boradi:

Birinchi yo'nalish bo'yicha butoksil radikali kislorod molekulasini bilan reaksiyaga kirishib karbonil birikmasi hosil bo'ladi:



Ikkinchi yo'nalish bo'yicha butoksil radikallarining bir qismi parchalanib yangi radikal bilan aldegid hosil bo'ladi:



Birinci reaksiyaning tezligi 1,62 barobar katta bo'lganligi uchun ushbu reaksiya asosan birinchi mexanizm bo'yicha ketadi va hosil bo'lgan aralashmada asetaldegidning miqdori ko'proq bo'ladi. Hosil bo'lgan radikallar quyidagi reaksiyalarga kirishadi:



Uchinchi yo'nalish bo'yicha alkoksil radikallarda ichki molekular o'rin almashish hisobiga radikalli markaz kisloroddan uglerod atomiga o'tadi.

Sterik talablarga ko'ra ushbu jarayon faqat uglerod atomlarining soni to'rttadan ko'p bo'lgan alkanlarning oksidlanish jarayonida amalga oshishi mumkin.

3.6.4. Aldegid va ketonlarning kimyoviy o'zgarishlari

Karbonil birikmalari atmosferaga faqatgina Yer yuzidagi tabiiy va antropogen manbalardan kelib tushmasdan, balki turli xil uglevododrolarning atmosferada oksidlanishi hisobiga ham hosil bo'ladi. Atmosferadagi kimyoviy jarayonlarda ularning roli juda katta, chunki ular erkin radikallarning hosil bo'lishiga olib keladi. Ularning fotokimyoviy parchalanishi, kislorod atomi va gidroksil bilan reaksiyaga kirishi natijada erkin radikallar hosil bo'ladi.

Bu jarayonlar karbonil guruhidagi H—C bog'lamning dissotsiatsiya-lanish energiyasi past bo'lgani uchun, ayniqsa, aldegidlarda katta tezlik bilan amalga oshadi. Turli aldegidlarning gidroksil radikalali bilan reaksiyaga kirishish tezligi konstantalari 7-jadvalda keltirilgan.

7-jadval

Aldegid	Tezlik konstantasi, $\text{sm}^3 / (\text{molekula})\text{K} \cdot 10^{11}$	Nisbiy tezlik konstantasi
Asetaldegid	1,2–0,4	1,0
Propion aldegidi	1,8–0,1	1,5
Yog'li aldegid	2,4–0,1	2,0
Izoyog'li aldegid	2,7–0,5	2,3

Valerian aldegidi	2,6–0,4	2,2
Akrolein	1,9–0,2	1,6
Kroton aldegidi	3,3–0,6	2,8

Aldegidlar gidroksil radikali bilan reaksiyaga kirishganda transformatsiya jarayonning tezligi past gomologlardan yuqori gomologlarga o'tganda hamda chiziqli izomerlardan shoxsimonlarga o'tganda ortib boradi.

Aldegid va boshqa karbonil birikmalarining kislorod atomi bilan reaksiyasining tezligi gidroksil radikali bilan reaksiyasiga nisbatan past. Masalan, atsetaldegid uchun tezlik konstantasi $5 \cdot 10^{-13}/(\text{molek.s})$ ga teng, shuning uchun ham bu reaksiya muhim ahamiyatga ega emas.

Aldegidlarning fotodissotsiatsiyasi jarayonida hamda OH radikali bilan reaksiyalarida o'rtadagi mahsulot sifatida erkin radikallar hosil bo'ladi. Ular keyinchalik bir qator o'zgarishlarga kirishadi.

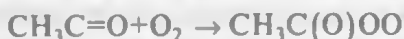
Karbonil birikmalarining o'zgarishlarini atsetaldegid misolida ko'rib chiqamiz:

1. Gidroksil radikali bilan reaksiyalari

Avval atsetil radikali hosil bo'ladi:



Keyin kislorod bilan reaksiyaga kirishishi peroksiatsetil radikalini hosil qiladi:



Peroksiatsetil radikali tezda azot oksidi bilan reaksiyaga kirishib uni NO_2 gacha oksidlantiradi:



Ushbu reaksiyaning tezligi $k = 2,6 \cdot 10^{-12} \text{sm}^3/(\text{molek.s})$ azot oksidini peroksialkil radikali bilan oksidlash reaksiyasi tezligiga yaqindir. Atsetil radikali kislorod molekulasini bilan reaksiyaga kirishib CO_2 ni hosil qiladi:



Hosil bo'lgan metilperoksid radikalining keyingi o'zgarishlarini hisobga olgan holda atsetaldegid molekulasining oksidlanishi umumiy tenglamasini quyidagicha ifodalash mumkin:

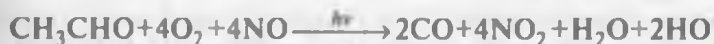


Qo'shimcha jarayon sifatida bu yerda atmosfera havosini ifloslantiruvchi o'ta zaharli modda — peroksiatsetilnitrat hosil bo'ladi (PAN).

2. Fotodissotsiatsiya jarayonida atsetaldegid molekulasidan ikkita radikal zarrasi hosil bo'ladi:



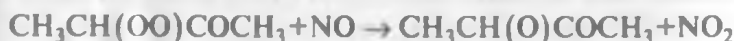
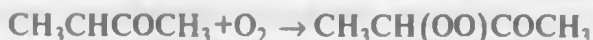
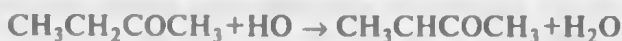
Metil va formil radikallarining keyingi o'zgarishlarini hisobga olgan xolda fotodissotsiatsiya jarayonining umumiy tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega:



Shunday qilib, alkan va alifatik aldegidlarning o'zgarishlari azotning atmosferadagi aylanma harakatiga ta'sir ko'rsatishi mumkin. Ularning transformatsiyasi natijasida atmosferada HO_2 ning miqdori oshib ketadi, ya'ni bitta CH_3CHO molekulasini fotokimyoviy oksidlanishi natijasida havodagi to'rtta NO molekulasini oksidlanadi.

Ketonlarning fotokimyoviy oksidlanishi gidrooksil radikali bilan reaksiyasidan boshlanadi. Gomologik qatorning birinchi a'zolari - atseton va 2-butanonning tezlik konstantasi $5,0 \cdot 10^{13}$ va $8,8 \cdot 10^{13} \text{sm}^3/(\text{molek.s})$ ga teng, 4-metil 2-pentanon uchun esa vodorod atomining uzilishi osonlashadi $k = 1,3 \cdot 10^{11} \text{sm}^3/(\text{molek.s})$.

2-butanonning oksidlanishi quyidagicha amalga oshiriladi:



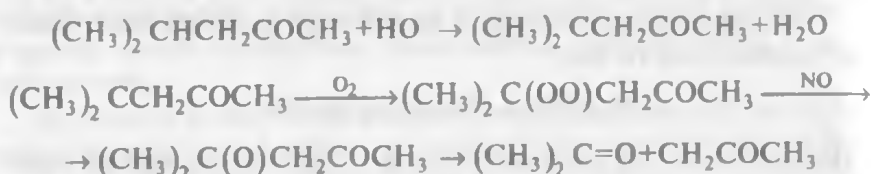
Hosil bo'lgan alkoksil radikali parchalanadi:



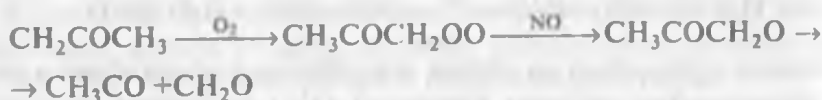
2-butanonning umumiy miqdordan 62,2% keltirilgan sxema bo'yicha reaksiyaga kirishadi. Qolgan qismining oksidlanishi esa metil

guruhdan vodorod atomining uzilishidan boshlanadi. Ammo n-butan misolida ham ikkilamchi vodorod atomining uzilishi ko'proq kuzatiladi. Termokimyoviy hisoblar bo'yicha esa 2-butanon molekulasida ikkilamchi C-H bog'lamning dissotsiatsiyalash energiyasi 10 kJ/mol ga n-alkan molekulalaridan kamroqdir.

Smog kameralarida 4 metil -2-pentanonning fotokimyoviy oksidlanishi asosiy mahsulot sifatida atseton hosil bo'lishiga olib keladi:



Ketoalkil radikali keyinchalik formaldegid va asetil radikalining hosil bo'lishiga olib keladi:



Demak, alifatik ketonlar ham azot oksidining NO₂ ga konversiyasini tezlashtiradi.

Nazorat savollari

1. Metan gomologlarining reaksiya qobiliyati uglevodorod zanjiri uzunligiga ko'ra qanday o'zgarib boradi?
2. Butan molekulasi qaysi asosiy reaksiyalar orqali oksidlanadi?
3. Atmosferada karbonil birikmalari qaysi moddalar bilan reaksiyaga kirishadi?
4. Aldegidlarning reaksiya qobiliyati ularning tuzilishiga qanday bog'liq?
5. Aldegidlarning oksidlanishi natijasida atmosferada qanday moddalar hosil bo'ladi?
6. Ketonlarning atmosferadagi kimyoviy o'zgarishlarida havoda qanday moddalar hosil bo'ladi?

3.6.5. To'yinmagan uglevodorodlarning atmosferadagi kimyoviy o'zgarishlari

Molekularining tarkibida ikkilamchi uglerod-uglerod bog'lamlari hisobiga alkenlar yuqori reaksiya qobiliyatiga egadir. Alkentlarning molekulasi to'yinmagan bo'lgani uchun ular turli zarralarni biriktirib

olishi mumkin. Alkenlarning asosiy reaksiyalari — bu kislorod atomi O (³ P), gidrooksil radikali va ozon bilan reaksiyalaridir. To'yinmagan uglevodorodlarning turli xil moddalar bilan reaksiyaga kirishish tezligi konstantasi 8-jadvalda keltirilgan.

8-jadval

Alkenlar	Tezlik konstantasi «K» cm ³ (molek.s)		
	NO	O(³ P)	O ₃
Etilen	$1,77 \cdot 10^{-12}$	$8,3 \cdot 10^{-13}$	$1,1 \cdot 10^{-18}$
Propilen	$2,4 \cdot 10^{-11}$	$2,3 \cdot 10^{-12}$	$5,5 \cdot 10^{-18}$
Trans-2 buten	$7,1 \cdot 10^{-11}$	$1,8 \cdot 10^{-11}$	$2,6 \cdot 10^{-16}$

Yuqori gomologlar uchun tezlik konstantalari aniqlanmagan bo'lsa ham lekin, ma'lumotlarga ko'ra, ularning reaksiya qobiliyati tuzilishiga bog'liqdir. Eng past reaksiya qobiliyatga ega bo'lgan chiziqsimon oxirida ikkilamchi bog'lami bo'lgan etilen gomologlaridir. Ikkinchi holatda alkil guruhni paydo bo'lishi molekulani faollashtiradi.

Masalan, 2-metil 1-buten azot oksidini fotooksidlantirish jarayonlarida 1-pentenga nisbatan 1,6 barobar faoldir.

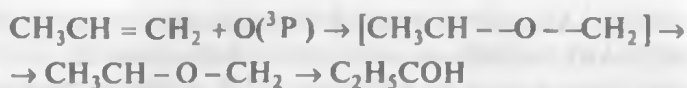
Alkenlar orasida etilen va propilenning fotokimyoviy oksidlanishi chuqur o'rganib chiqilgan.

Bu uglevodorodlarning reaksiya qobiliyati past bo'lsa ham, atmosfera kimyosida ularning roli kattadir. Ular atmosferaga tabiiy va antropogen manbalardan kelib tushadi, shu jumladan avtotransport chiqindilaridan shahar atmosferasiga tushayotgan gazlarning umumiy miqdori 60% ko'proq etilen va propilenga to'g'ri keladi. Alkenlarning o'zgarishlarini propilen misolida ko'rib chiqamiz.

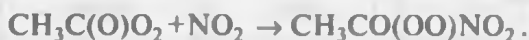
1. Kislorod atomi O(³P) bilan reaksiyalar.

Kislorod atomi propilen bilan faol reaksiyaga kirishib ikkilamchi bog'lama birikadi.

Birinchi bosqichda ko'prik strukturasi hosil bo'lib u propilenoksid yoki propion aldegidining hosil bo'lishiga olib keladi. Molekular kislorod bilan reaksiyasi esa uglerod-uglerod bog'laminin uzilishiga olib keladi:



$\text{CH}_3\text{C}(\text{O})\text{O}_2^*$ radikali NO_2 bilan birikib, peroksiasetilnitrat (PAN) hosil qilishi mumkin:



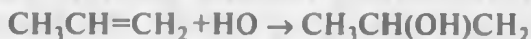
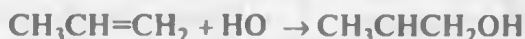
Propilenoksid, propion aldegid, naduksus kislotasi va peroksiasetilnitratlar propilenni smog kameralarida kislorod atomi bilan oksidlanishi natijasida hosil bo'lgan mahsulotlar orasida aniqlangandir. Bundan tashqari, ularning orasida farmaldegid, metanol, dimetil efiri va metilnitratlar ham bo'lgan.

Ularning hammasi metilperoksid radikali CH_3O_2 reaksiyalari natijasida hosil bo'ladi.

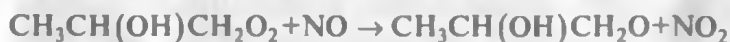
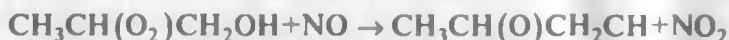
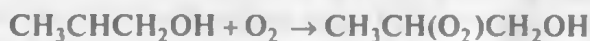
Propilening kislorod atomi bilan reaksiyasining tezligi yuqori bo'lsa ham, uning atmosfera kimyosida roli katta emas, chunki yer yuzasida $\text{O}(\text{}^3\text{P})$ ning miqdori juda kam.

2. Propilening HO radikali bilan oksidlanishi.

Gidroksil radikali ikkilamchi bog'lamdagi uglerod atomining biriga bog'lanadi:



Reaksiya asosan birinchi yo'nalish bo'yicha amalga oshadi. Gidroksialkil radikallari tezda kislorod bilan, keyinchalik esa azot oksidi bilan reaksiyaga kirishadi:



Hosil bo'lgan butoksil radikallari kislorod molekulasini bilan reaksiyaga kirishib karbonil birikmalarni hosil qilishi mumkin:



Yoki fragmentlarga parchalanadi:

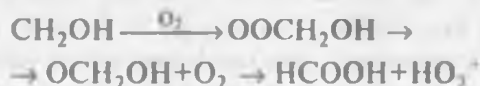


CH_2OH radikali 2 mexanizm bo'yicha o'zgaradi:

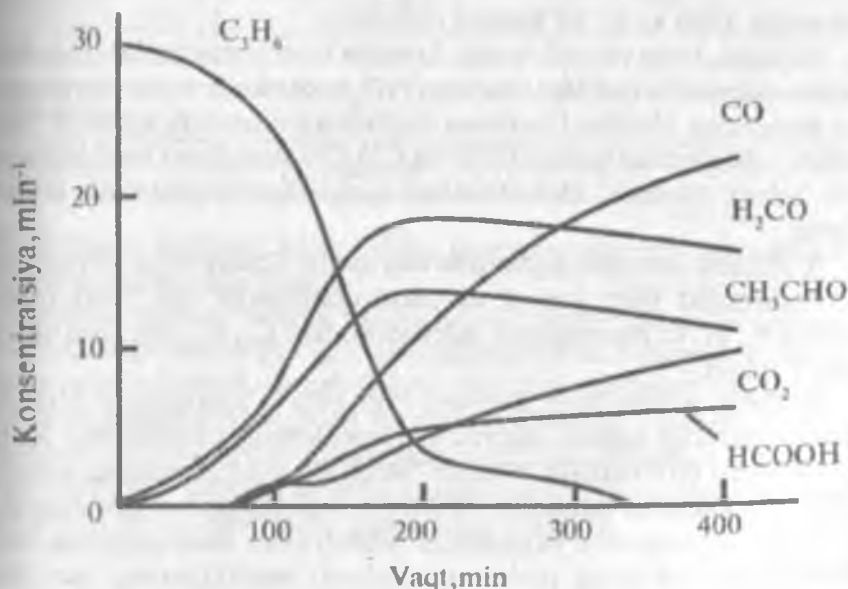
1) vodorod atomini ajralib chiqishi:



2) chumoli kislotasining quyidagi sxema bo'yicha hosil bo'lishi:



15-rasmda propilenning smog kameralarida azot oksidi ishtirokida nurlantirish natijasida hosil bo'lgan mahsulotlarning miqdorining vaqt davomida o'zgarishi ko'rsatgan:



15-rasm. Propilenni nurlantirish ta'sirida o'zgarishi.

3.6.6. Aromatik uglevodorodlarning kimyoviy o'zgarishlari

Shahar atmosferasi havosidagi uglevodorodlarning umumiy miqdoridan 30–40% i benzol va uning gomologlariga to'g'ri keladi. Smog kameralarida o'tkazilgan tajribalarga ko'ra aromatik uglevodorodlarning reaksiya qobiliyati ularning tuzilishiga, ya'ni benzol halqasidagi o'rin almashtirish darajasiga bog'liq: o'rin almashish darajasi qanchalik yuqori bo'lsa, uglevodorodlarning fotokimyoviy reaksiyalarida shuncha faolligi oshib boradi.

C_nH_{2n-6} uglevodorodlar orasida eng reaksiya qobiliyati past bo'lgan uglevodorod bu benzoldir. Masalan, 300 nm uzunligidagi to'liqlar bilan azot oksidi ishtirokida nurlantirilganda 18–25°C temperaturasi 5 soat davomida reaksiyaga benzolning atigi 10% i kirishadi. Toluol bilan xuddi shunday sharoitlarda o'tkazilgan tajribalarda uglevodorodning 25% i reaksiyaga kirishadi.

Hosil bo'lgan mahsulotlar orasida benzaldegid, krezol va turli xil nitrobirikmalar aniqlangan. Ushbu moddalarning ba'zi birlari faqatgina smog kameralarida emas, balki yirik shaharlarning ochiq atmosferasida ham aniqlangan.

Masalan, Iokogama shahrining atmosferasidagi yomg'irlari namunalari 4-nitrofenol, 2-metil-6-nitrofenol va 2 metil-4-nitrofenol kabi birikmalar aniqlangan.

Demak, boshqa organik birikmalarning kimyoviy o'zgarishlari natijasida havoda NO_2 azot oksidining miqdori ortib borsa-da, atmosfera benzol va uning gomologlari kelib tushishi azot oksidining kamayishiga olib keladi.

Poliyadro aromatik uglevodorodlarning oksidlanish jarayonlarini o'rganish shuni ko'rsatadi-ki, benz(a)piren ham ozon bilan, ham azot dioksidi bilan reaksiyaga kirishadi. Birinchi reaksiyada mahsulotlar orasida izomerli molekular massasi 282 ga teng bo'lgan poliyadro xinonlar hamda benzopirenning gidroksi va digidroksibirikmalari hosil bo'ladi.

NO_2 bilan reaksiyasida esa asosiy mahsulot sifatida yuqori mutagen faollikka ega bo'lgan 1-, 3- va 6- nitro benz(a)piren birikmalari hosil bo'ladi.

Nazorat savollari

1. To'yinmagan uglevodorodlarning faolligi ularning tuzilishiga qanday bog'liq?

2. *Propilen molekulasining kislorod atomi ta'sirida parchalanishining asosiy bosqichlari qanday?*
3. *Gidrooksil radikali ta'sirida to'yinmagan uglevodorodlar qanday o'zgaradi?*
4. *Propilen molekulasining oksidlanishi natijasida havoda qanday asosiy mahsulotlar hosil bo'ladi?*

3.7. Oltingugurt birikmalarining atmosferadagi kimyoviy o'zgarishlari

Oltingugurtning noorganik birikmalari troposferaga asosan antropogen manbalardan kelib tushadi. Ular oltingugurtning havoga kelib tushayotgan umumiy miqdorining 65% dan iborat. Bundan 95% ni oltingugurt dioksidi tashkil qiladi. Tabiiy manbalardan atmosferaga oltingugurtning noorganik birikmalari suvni to'liqlanishi natijasida okean yuzasida hosil bo'ladigan mayda suv tomchilari va tarkibida magniy, kalsiy, natriy tuzlari bor bo'lgan aerozollar holatida kelib tushadi.

Aerозollar tarkibida magniy va kalsiy sulfatlari holatidagi oltingugurtning umumiy miqdori 44 mln. tonnaga teng bo'lib, bu oltingugurt birikmalarining umumiy miqdordan 30%ni tashkil qiladi.

Biologik manbalardan atmosferaga oltingugurt asosan vodorod sulfid shaklida kelib tushadi, uning miqdori oltingugurtning umumiy miqdoridan 28 dan 49% gacha bo'lishi mumkin. Vodorod sulfidning atmosferaga kelib tushayotgan miqdori va uning kimyoviy o'zgarishlari shu vaqtgacha to'liq o'rganilmagan.

Berilayotgan ma'lumotlarga ko'ra, okeanlar ustida H_2S ning miqdori $0,0076-0,76 \text{ mkg/m}^3$, kontinentlar ustida esa $0,05-0,1 \text{ mkg/m}^3$ ni tashkil qiladi. Vodorod sulfidni atmosferaga kelib tushish tezligini va uning troposferadagi miqdorini hisobga olganda uni atmosferada yashash vaqti bir necha soatga teng.

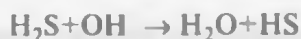
Kontinentlar ustidagi oltingugurt birikmalarining miqdori asosan antropogen manbalardan kelib tushayotgan oltingugurt dioksidiga bog'liq. Masalan, Yevropa kontinenti maydonining 12% sezilarli darajada ifloslanmagan hisoblanadi.

Ushbu hududlarda yer sathidagi SO_2 va SO_4^{2-} ning miqdori $0,35$ hamda $0,1 \text{ mkg/m}^3$ ga teng; 22% maydoni — kam darajada ifloslangan, SO_2 va SO_4^{2-} ning miqdori $3,5$ va $1,0 \text{ mkg/m}^3$ hamda 34% ifloslangan hisoblanadi, SO_2 va SO_4^{2-} ning miqdori $4,0$ va $1,7 \text{ mkg/m}^3$ ga teng.

Yuqori darajada ifloslangan rayonlar Yevropa hududining 12% maydonini egallaydi. Bu yerda SO_2 ning miqdori 10 mkg/m^3 ga, sulfatlar miqdori esa 30 mkg/m^3 ga teng.

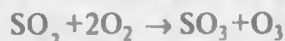
Troposferaga tabiiy va antropogen manbalardan kelib tushgan oltingugurt birikmalari asosan oksidlanish reaksiyasiga kirishadi. Oksidlanish jarayonida asosiy rolni erkin radikallar o'ynaydi.

Masalan, vodorod sulfid bir necha bosqich orqali SO_2 gacha oksidlanadi. Bu jarayon quyidagi mexanizm bo'yicha amalga oshadi:



Hosil bo'lgan oltingugurt dioksidi antropogen manbalardan kelib tushgan CO_2 ga qo'shilib oksidlanishni davom etadi. Bu jarayon bir necha mexanizm bo'yicha amalga oshishi mumkin.

1. Gaz fazasida oksidlanishi. Uzoq vaqt davomida SO_2 ning gaz fazasida oksidlanish jarayoni uni faol holatga o'tishi va molekular kislorod bilan reaksiyaga kirishib SO_3 ni hosil qilishi bilan bog'langan edi:



Oxirgi yillarda o'tkazilgan tajribalarga ko'ra bu mexanizm oltingugurtning gaz fazasida oksidlanishining asosiysi hisoblanmaydi.

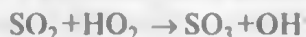
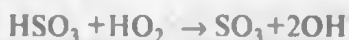
Laboratoriya sharoitlarida o'tkazilgan tajribalar shuni ko'rsatadiki, toza havo bilan to'ldirilgan fotokimyoviy kameralarida SO_2 ning miqdorini o'zgarish tezligi birinchi darajali kinetik tenglama bilan ifodalanadi. Jarayonning tezlik konstantasi 10^{-3} s^{-1} . Reaksiyaning kvant chiqishi 10^{-3} dan $5 \cdot 10^{-3}$ gacha o'zgaradi.

Agar havoda azot oksidlari yoki uglevodorodlar bo'lsa SO_2 ning fotokimyoviy kameralaridagi oksidlanish jarayoni tezlashadi. Bunda oksidlanish jarayonida kislorod atomi va erkin radikallar ishtirok etishi mumkin. Kislorod atomi SO_2 molekulasini uchinchi modda ishtirokida quyidagi mexanizm bo'yicha oksidlaydi:



Ushbu jarayonning tezlik konstantasini hamda atmosferadagi atomlar kislorod va uchinchi moddaning miqdorlarini hisobga olganda bu reaksiya asosan 10 km dan yuqorida SO_2 ning miqdori 1 mkg/ m³ bo'lganda hisobga olinishi mumkin. 10 km balandlikda oltingugurt dioksidining saqlanib turish vaqti 1000 soatgacha bo'lishi mumkin va 30 km balandlikda 5–10 soatgacha kamayadi.

Atmosferaning pastki qavatlarida SO_2 ning kislorod atomi ta'sirida oksidlanishi muhim rol o'ynamaydi. Troposferada oksidlanishining asosiy yo'nalishi — bu erkin radikallar ishtirokidagi reaksiyalar:



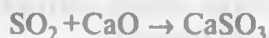
Oltingugurt dioksidining oksidlanish tezligi erkin radikallarning miqdori o'rtacha bo'lgan troposferada 0,1% s⁻¹ ga teng bo'lib, bu esa SO_2 ning troposferadagi 5 soat saqlanishi vaqtiga to'g'ri keladi. Sanoati rivojlangan regionlarda havoda erkin radikallarning miqdori katta bo'lganligi uchun SO_2 ning transformatsiya jarayoni tezlashadi va 1% s⁻¹ ga teng bo'lishi mumkin.

Hosil bo'lgan oltingugurt uch oksidi atmosferadagi suv bug'lari bilan reaksiyaga kirishib, sulfat kislotasini hosil qiladi:



Atmosferadagi suv bug'larida erigan ammiak metall ionlari bilan reaksiyaga kirishib sulfat kislotasiga tegishli sulfatlarga aylanadi. Asosan bu — ammoniy, natriy, kalsiy sulfatlaridir.

2. Qattiq zarralar sirti yuzasida oksidlanish jarayoni. Sulfat tuzlarining hosil bo'lishi havodagi muallaq holatda bo'lgan qattiq zarralar sirt yuzasida oksidlanish jarayoni hisobiga ham amalga oshirilishi mumkin. Bunda oksidlanishdan avval adsorbsiya jarayoni amalga oshadi, keyin esa quyidagi kimyoviy reaksiyasi ketadi:





Keyinchalik esa molekular kislorod bilan reaksiyaga kirishib sulfitlar sulfatlarga o'tadi.

Qattiq zarralarning sirt yuzasidagi oksidlanish jarayoni bu oltingugurt dioksidi oksidlanishining ikkinchi yo'nalishidir.

Havoda temir, aluminiy, xrom va boshqa metall oksidlari bo'lganda oltingugurt dioksidining oksidlanish jarayonlari tezlashib ketishi mumkin. Masalan, laboratoriya sharoitlarida o'tkazilgan tajribalar asosida olingan natijalari shuni ko'rsatadiki, havoda Fe_2O_3 zarralari bo'lganda SO_2 ning transformatsiya tezligi 100% s⁻¹ ga teng bo'ladi. Oltingugurtning bunday transformatsiya jarayonlari faqatgina yuqori darajada chang bilan ifloslangan, tarkibida katta miqdorda metall oksidlari bor bo'lgan havoda asosiy rol o'ynashi mumkin.

3. Atmosferadagi suv tomchilarida absorbsiya va oksidlanish jarayoni. Yog'ingarchilik vaqtida hamda atmosfera havosining namligi katta bo'lganda oltingugurt dioksidi transformatsiyasining bu yo'nalishi asosiy bo'lishi mumkin. Tabiiy sharoitda oksidlantiruvchi modda vazifasini ko'pincha vodorod peroksidi bajaradi. Oksidlanishidan avval SO_2 suv tomchilarida erib gidroliz jarayoni ketadi. Bunda hosil bo'lgan eritmalarda erigan SO_2 bilan HSO_3^- , SO_3^{2-} ionlari o'rtasida muvozanat o'rnatiladi. SO_2 , HSO_3^- va SO_3^{2-} larning miqdori muhit ko'rsatkichi, ya'ni vodorod ionlarining faolligiga bog'liq. pH ko'rsatkichi 3,5 dan kam bo'lganda suvda HSO_3^- va SO_3^{2-} ionlari bo'lmaydi, SO_2 ning miqdori esa 1 ga teng bo'ladi. pH 7 gacha oshganda SO_2 ning miqdori 0 gacha kamayadi va bunday eritmalarda oltingugurt asosan HSO_3^- va SO_3^{2-} ionlari holatida bo'ladi. Oksidlanishning oxirgi mahsuloti sifatida sulfat kislota hosil bo'lib, u keyinchalik sulfat tuzlariga aylanadi.

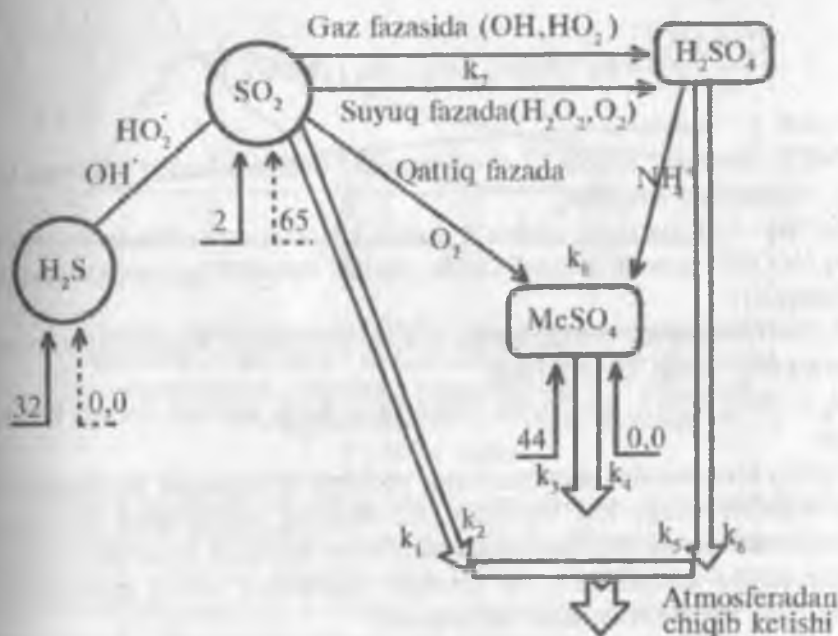
Suvdagi oksidlanish jarayonida asosiy rolni OH va HO_2 radikallari o'ynaydi:



Hosil bo'lgan sulfat kislota asosan aerosol holatida bo'lib, atmosferadan yomg'ir bilan uyulib tushadi.

Oltिंगugurt dioksidining sulfat kislotasi va sulfat tuzlari holatigacha kimyoviy transformatsiyasi jarayonlari (atmosfera dan chiqib ketishi) bilan birgalikda bu birikmalar yomg'ir suvlari bilan hamda quruq cho'kish yo'li orqali (tuproq, o'simliklar bilan kontaktga kelganda) ham atmosfera dan chiqib ketishi mumkin.

Keltirilgan oltिंगugurtning birikmalarining atmosfera havosidagi aylanma harakati sxemasi vodorod sulfid va oltिंगugurt dioksidining transformatsiya jarayonlarini namoyish etadi (16-rasm).



16-rasm. Oltिंगugurt birikmalarining atmosfera dagi aylanma harakati sxemasi.

_____ oltिंगugurt birikmalarining tabiiy yo'li bilan kelib tushishi (mln. t elementar oltिंगugurt 1 yilda);

-----oltिंगugurt birikmalarining antropogen manbalardan kelib tushishi (mln. t elementar oltिंगugurt 1 yilda);

⇒ atmosfera havosidan yomg'irlar bilan hamda quruq cho'kish jarayonlari natijasida yuvilib chiqib ketishi;

K_i — tezlik konstantalari.

Oltugugurt birikmalarining transformatsiyasi jarayonlari tezligi va oltugugurt dioksidi, sulfat kislotalari hamda sulfat tuzlari holatida atmosferadan chiqib ketishi jarayonlari birinchi darajali kinetik tenglamalar bilan ifodalanadi:

$$\frac{d[\text{SO}_2]}{dt} = -(K_1 + K_2 + K_7) [\text{SO}_2]$$

$$\frac{d[\text{H}_2\text{SO}_4]}{dt} = K_7 [\text{SO}_2] - (K_5 + K_6 + K_8) [\text{H}_2\text{SO}_4]$$

$$\frac{d[\text{MeSO}_4]}{dt} = K_8 [\text{H}_2\text{SO}_4] - (K_3 + K_4) [\text{MeSO}_4]$$

bunda t — vaqt;

$[\text{SO}_2]$, $[\text{H}_2\text{SO}_4]$, $[\text{MeSO}_4]$ — oltugugurt dioksidi, sulfat kislotalari va sulfat tuzlarining miqdori;

K_1 – K_6 — oltugugurt dioksidi, sulfat kislotalari va sulfat tuzlarining quruq choʻkish hamda atmosferadan yuvilib chiqishi jarayonlari tezligi konstantalari;

K_7 — oltugugurt dioksidining sulfat kislotalariga transformatsiyasi jarayonining tezligi konstantasi;

K_8 — SO_2 , H_2SO_4 dan sulfat tuzlarning hosil boʻlishi tezligi konstantasi.

Ushbu tenglamalar sistemasining yechimi oltugugurt birikmalarining troposferadagi har bir komponentining oltugugurt dioksidi tashlangandan soʻng vaqt davomida miqdorini aniqlash imkonini beradi. Tenglamalarni yechishda oʻrta Yevropa sharoitlari uchun aniqlangan tenglamalar konstantalardan foydalanildi:

$$K_1 = K_4 = K_6 = K_8 = 0,03 \text{ s}^{-1};$$

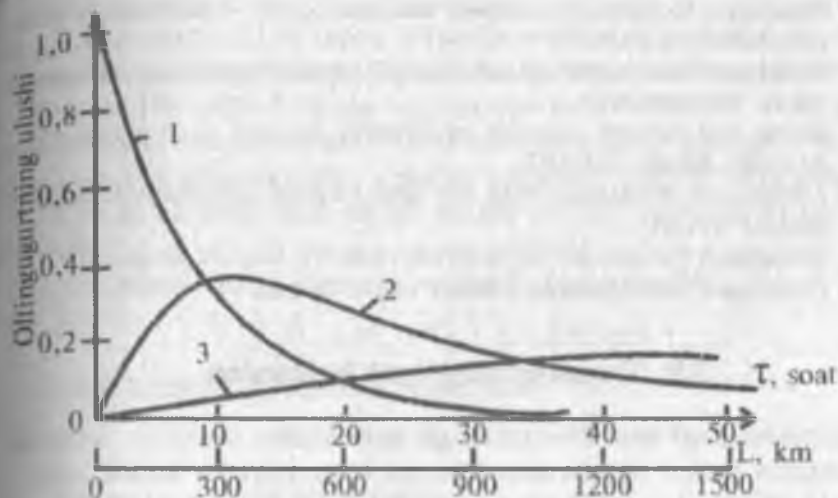
$$K_2 = 0,025 \text{ s}^{-1};$$

$$K_3 = K_5 = 0,01 \text{ s}^{-1};$$

$$K_7 = 0,01 \text{ s}^{-1}.$$

Oltugugurt dioksidi ifloslantiruvchi manbadan tashlanish vaqtida atmosferada sulfat kislotalari bilan sulfatlar boʻlmagan boʻlsa-da, vaqt oʻtishi bilan SO_2 ning miqdori kamayib boradi, sulfat kislotalarining miqdori esa ortadi va tashlanish vaqtdan 10–15s oʻtgandan keyin

maksimal darajaga yetadi; havodagi sulfatlarning miqdori 40–50 s davomida ko'payib boradi, keyin esa kamayadi (77-rasm).



17-rasm. Atmosferada SO_2 , H_2SO_4 va sulfatlarning miqdorini vaqt davomida o'zgarishi (t) va tashlanish manbasidan uzoqlashish masofasiga (L) bog'liqligi (shamol tezligi $V = 30 \text{ km/s}$):
1 — oltinigugurt dioksidi; 2 — sulfat kislotasi;
3 — sulfat tuzlari.

Olingan natijalar atmosfera havosining oltinigugurt birikmalari bilan ifloslanishining xavfliligini namoyon qiladi. Masalan, ifloslantiruvchi manbaning atrofida shamolning tezligi 30 km/s ga teng bo'lsa tashlangandan keyin 10 s o'tganda chiqindilar manbadan 300 km ga uzoqlashadi. Bu joyda oltinigugurt dioksidining miqdori 5 barobar kamayadi va oltinigugurt asosan sulfat kislotasi shakliga o'tadi. Shu vaqtda yomg'ir yog'sa, oltinigugurtning barcha havodagi birikmalari kislotali yomg'ir tarkibida atmosferadan chiqib ketadi. Hozirgi kunda ko'rilgan choralar natijasida atmosferaga tashlanayotgan oltinigugurt dioksidining miqdori ancha kamaygan bo'lsa ham atmosfera yog'in-sochinlarining nordonlanishi asosan sulfat kislotasiga bog'liq. Atmosferaning ifloslanish darajasini aniqlashda faqatgina havodagi oltinigugurt dioksidini emas, balki sulfat kislotasi bilan sulfat tuzlarining havodagi miqdorini ham nazorat qilish zarurligini xulosa qilish mumkin. Bu moddalarning nazorati, ayniqsa, chiqindilar manbadan uzoqlashganda kuchaytirilishi kerak.

Nazorat savollari

1. *Oltingugurt birikmalari atmosferaga qanday tabiiy va antropogen manbalardan kelib tushadi?*
2. *Oltingugurt birikmalari atmosferu sharoitida qaysi yo'nalishlar bo'yicha oksidlanishi mumkin?*
3. *Oltingugurt birikmalarining gaz fazasida oksidlanishida qaysi mexanizm asosiy hisoblanadi?*
4. *Qattiq zarralar sirt yuzasida oksidlanish jarayoni qanday mexanizm bo'yicha amalga oshadi?*
5. *Oltingugurt birikmalarining suv tomchilarida absorbsiyasi qanday amalga oshadi.*
6. *Oltingugurt birikmalari atmosferada qanday holatda tarqaladi?*
7. *Oltingugurt atmosferadan qanday chiqib ketadi?*

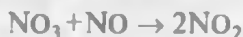
3.8. Troposferadagi azot birikmalari

Troposferadagi azot birikmalariga asosan azot oksidlari, ammiak va ammoniy tuzlari hamda azot kislotasi bilan nitratlar kiradi.

Azot oksidlari orasida azot gemioksidi (N_2O), oksid (NO) va azot dioksidi (NO_2) alohida ahamiyatga ega. Boshqa azot oksidlari (NO_3 , N_2O_3 , N_2O_4 , N_2O_5) troposfera sharoitida beqaror bo'lib parchalanib ketadi. Masalan, diazot uchoksidi va diazot tetraoksidi troposferaga kelib tushganda tez parchalanib NO bilan NO_2 hosil qiladi:



Azot uchoksidi fotodissotsiatsiyaga uchraydi yoki boshqa moddalar bilan reaksiyaga kirishadi:



Diazot pentaoksidi ham troposfera sharoitida beqaror bo'lib tez parchalanadi va diazot uchoksidi bilan kislorod hosil qiladi yoki havodagi suv beg'lari bilan reaksiyaga kirishib azot kislotasiga aylanadi:

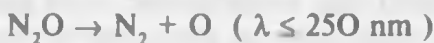


Shuning uchun ham NO_x umumiy formulasida asosan NO , NO_2 va N_2O tushuniladi.

Azot gemioksidi (N_2O) ning miqdori balandlik bo'yicha sezilarli darajada o'zgarmaydi va uning o'rtacha miqdori 0,26 yoki 0,33 mln^{-1} ga teng. Troposferaga azot gemioksidi asosan denitrifikatsiya jarayonlari natijasida 100 mln t/1yilga miqdorida kelib tushadi. N_2O ning atmosferadagi umumiy miqdori 2000 mln t ga teng bo'lganligini hisobga olganda uning atmosferadagi o'rtacha saqlanish vaqti 20 yilga tengdir.

N_2O ni atmosferadan chiqib ketish yo'llari quyidagicha bo'lishi mumkin:

1. fotodissotsiatsiya jarayoni natijasida parchalanishi:



2. faol kislorod atomi bilan reaksiyalari



yoki



Bu ikkita reaksiya bir xil tezlik bilan amalga oshadi (298° tezlik konstantalari $7,4 \cdot 10^{-11}$ va $8,6 \cdot 10^{-11} \text{ sm}^3/(\text{molek.s})$ ga teng).

Troposfera sharoitida faol kislorod atomining miqdori kam bo'lganligi uchun hamda $\lambda \leq 250 \text{ nm}$ to'lqin uzunligida nurlanish yo'qligi sababli N_2O molekulari barqaror bo'lib, uzoq vaqt davomida saqlanib turishi va stratoferaga ko'tarilishi mumkin. Stratosferada esa $\text{O}(^1\text{D})$ atomlarining miqdori ko'payishi sababli va kuyosh nurlanishning spektri o'zgarishi hisobiga N_2O molekularini parchalanish jarayonlari tezlashadi. Shuning uchun ham 35 km balandlikda N_2O ning miqdori troposferaga nisbatan 10 barobar kamdir.

Azot oksidi va dioksidi o'zaro biri biriga aylanadi. NO molekulari kislorod ishtirokida NO_2 holatigacha oksidlanadi. Muvozanat holatida azot dioksidining miqdori NO miqdoridan 100 barobar ortiq bo'lishi kerak.

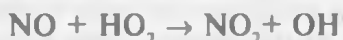
Lekin oxirgi 15–20 yil davomida o'tkazilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, yer yuzasidagi azot oksidi NO ning miqdori NO_2 ning miqdori bilan teng bo'lib qolayapti. Yer yuzasidan atmosferaga katta miqdorda NO oksidlari kelib tushishi hisobiga muvozanat holatiga erishish qiyin. Shuning uchun atmosfera havosidagi azot oksidlarining umumiy miqdorini aniqlash uchun avval azot oksidini NO_2 gacha oksidlab keyin uning miqdori aniqlanadi.

Tabiiy manbalardan azot asosan azot oksidlari holatida (denitrifikatsiya jarayonlari, ammiak oksidlanishi va yashinlar natijasida) kelib tushadi. Bu jarayonlar natijasida har yili troposferaga 21 dan 89 mln t gacha elementar azotga hisoblanganda NO_x kelib tushadi. Antropogen manbalardan esa qo'shimcha yana 20 mln t azot oksidlar holatida kelib tushadi. Ham tabiiy, ham antropogen chiqindilarning tarkibida azot asosan NO oksidi holatida bo'ladi.

Barcha yonish jarayonlarida oksidlantiruvchi sifatida havo ishlatilishi sababli havodagi azot oksidlanishi jarayoni azot oksidlari hosil bo'lishining asosiy manbasi hisoblanadi. Temperatura oshishi bilan havoda azot oksidlarining miqdori ortib boradi. Issiqlik elektrostansiyalarida va avtomobil dvigatellarida tabiiy yoqilg'ilarning yoqish jarayonlari atmosferani azot oksidlari bilan ifloslanishining asosiy manbasi hisoblanadi.

Troposferada NO quyidagi reaksiyalar natijasida oksidlanadi:

1) gidroperoksid radikal bilan reaksiyaga kirishib azot dioksidga aylanadi:



2) ozon molekulasida bilan reaksiga kirishadi:



Bu reaksiyalarning tezlik konstantalari 298K da $8,4 \cdot 10^{-12}$ va $1,8 \cdot 10^{-14} \text{ sm}^3/(\text{molek s})$ ga tengdir.

Troposferada to'lqin uzunligi $\lambda < 398 \text{ nm}$ nurlanish ta'sirida azot dioksidi parchalanib azot oksidi va kislorod atomini hosil qiladi:



Hosil bo'lgan azot oksidi yana oksidlanish jarayoniga kirishadi. kislorod atomi esa troposferada ozon paydo bo'lishiga olib keladi.

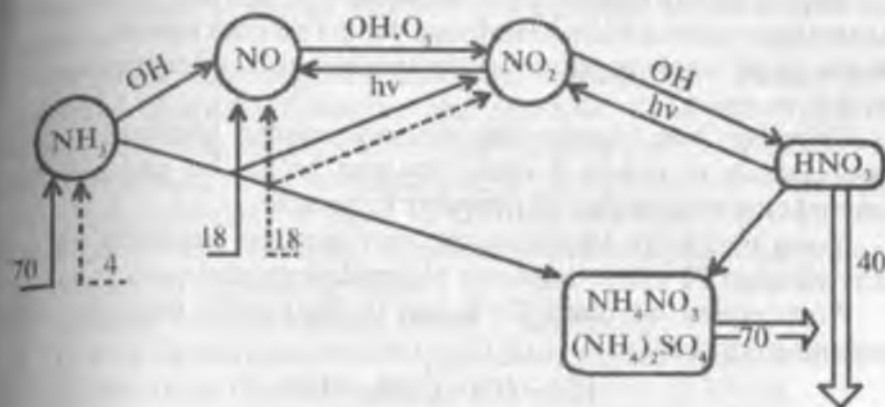
18-rasmda atmosferadagi azot birikmalarining aylanma harakati ko'rsatilgan.

Azot birikmalarining aylanma harakatidagi asosiy yo'nalishlardan biri — bu azot kislotasining hosil bo'lishidir. Troposferadagi hosil bo'layotgan azot kislotaning 44% i azot dioksidi gidroksil bilan reaksiya natijasida hosil bo'ladi:



24% HNO_3 diazot pentaoksidi suv bilan reaksiyaga kirishganda hosil bo'ladi:





18-rasm. Azot birikmalarining atmosferadagi aylanma harakati:

70 — azot birikmalarining tabiiy manbalardan kelib tushishi (mln. t elementar azot 1 yilda);

-----18 — antropogen chiqindilari;

↓ 70 — azot birikmalarini atmosferadagi yomg'irlar bilan yoki quruq cho'kish jarayonlari natijasida chiqib ketishi.

28% HNO_3 azot uchoksidi kislorodli organik radikallar bilan reaksiyasi natijasida hosil bo'ladi.

Azot kislotacining bir qismi parchalanib, azot dioksidi yoki uchoksidini hosil qiladi, ular esa yana aylanma harakatga kirishadi:



Azot kislotasining asosiy qismi troposferadan HNO_3 eritmasi yoki uning tuzlari holatida yomg'irlar bilan yuvilib chiqib ketadi.

Atmosferadagi nitratlar orasida asosiy miqdorini NH_4NO_3 va $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ tashkil etadi. Ular azot kislotaga aerollarining NH_3 bilan reaksiyasi natijasida hosil bo'ladi.

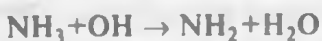
Ammiak gazining yer yuzidagi o'rtacha miqdori 0,3–9,1 mkg m⁻³ ni tashkil qiladi va balandlik bo'yicha kamayib boradi. Troposferada 2 km balandlikda uning miqdori 3 barobar kamayadi, keyin esa o'zgar-maydi. Ammiakning miqdorini balandlik bo'yicha o'zgarishi va yoz faslida temperatura oshishi bilan yer sathidagi atmosferada ko'payb ketishi uning asosan biologik jarayonlarda hosil bo'lishi haqida dalolat beradi.

Har yili tabiiy manbalardan atmosferaga 70 mln.t. NH_3 kelib tushadi. Antropogen manbalardan atmosferaga 4 mln t ammiak tushadi. Troposferada uning asosiy qismi aërozollar tarkibidagi NH_4^+ ionlari holatida bo'lishi mumkin.

Havodagi NH_4^+ ionlarining umumiy miqdori elementar azotga hisoblaganda taxminan 2 mln t ga teng bo'lib, bu gaz holatdagi ammiakning miqdoridan ikki barobar ko'proqdir.

Yomg'irlar bilan va quruq cho'kish jarayoni natijasida har yili atmosferadan 70 mln.t. ammoniy birikmalari chiqib ketadi.

Ammiakning bir qismi (3–8 mln t/yiliga) erkin radikallar bilan reaksiyaga kirishadi.



NH_2 esa keyinchalik azot oksidi holatiga oksidlanadi.



Nazorat savollari

1. Atmosferadagi azot qanday shakllarda bo'lishi mumkin?
2. Azot birikmalarining atmosferaga kelib tushishining tabiiy manbalariga nimalar kiradi?
3. Antropogen manbalardan tushayotgan azot birikmalari qanday hollarda bo'ladi?
4. Azot oksidlarining atmosferadagi kimyoviy o'zgarishlari qanday bo'ladi?
5. Azot kislotasi qanday hosil bo'ladi?
6. Azot birikmalari atmosferadan qanday yo'llar orqali chiqib ketadi?
7. Ammiak atmosferada qanday mexanizm bo'yicha oksidlanadi?

3.9. Shahar atmosferasidagi fotokimyoviy smog

Smog bu atmosfera havosiga sanoat-korxonalaridan, aëro-transport vasitalaridan va boshqa turli xil manbaalardan ifloslanturuvchi moddalarning kelib tushishi natijasida hosil bo'ladigan hodisadir. Smog hodisasi har bir yirik sanoati rivojlangan va aholi zich joylashgan shaharlarda hosil bo'lishi mumkin.

Smog hosil bo'lganda shahar atmosferasini sarig' rangli tutun qoplab olib, tirik organizmlarga va o'simliklarga katta zarar yetkazadi. Uning ta'sirida o'simliklar barglari qurib to'kiladi, tirik organizmlar ya'ni, inson va hayvonotlarda nafas olishi qiyinlashishi, ko'z achishi

va yoshlanishi va shunga o'xshash turli xil salbiy oqibatlar kuzatilishi mumkin.

Shahar atmosferasiga to'g'ridan-to'g'ri kelib tushgan ifloslantiruvchi moddalar birlamchi ifloslantiruvchilar deyiladi. Kelib tushgan moddalarning atmosfera komponentlari yoki o'zaro bir biri bilan turli kimyoviy reaksiyalarga kirishishi natijasida hosil bo'lgan mahsulotlar esa ikkilamchi ifloslantiruvchilar deyiladi, ya'ni birlamchi ifloslantiruvchilar reaksiyalarga kirishib ikkilamchi ifloslantiruvchilarni hosil qiladi. Smog — bu ikkilamchi ifloslantiruvchidir.

Bugungi kunda smogning asosan 2 turi ma'lum:

1. Atmosferani qurum va SO_2 gazi bilan ifloslanishi natijasida hosil bo'ladigan smog (London smogi).

2. Havoning tarkibida azot oksidlari bor bo'lgan avtotransport gazlari bilan ifloslanishi natijasida hosil bo'ladigan smog (Los-Andjeles smogi). Bu turdagi smog fotokimyoviy smog deyiladi.

London smogi ko'mir yoqish natijasida hosil bo'ladi. Yoqilg'i uglevodorodlardan tashkil topgan bo'lib, uning yonish jarayoni quyidagi reaksiya bilan ifodalanadi:



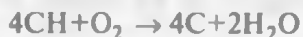
Karbonat angidridi gazi (CO_2) va suv atmosfera havosi uchun zaharli hisoblanmaydi.

Yonish zonasiga kislorod yetarli miqdorda berilmasa, masalan bunday holat o'choqda yoki dvigatelda kuzatilishi mumkin, yonish reaksiyasi quyidagicha ketadi:



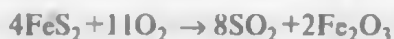
Bu jarayonda zaharli is gazi CO_2 hosil bo'ladi.

Agar kislorod bundan ham kam bo'lsa uglerod, ya'ni qurum hosil bo'ladi:



Temperatura past bo'lsa va kislorod yetarli darajada berilmasa piroliz reaksiyasi natijasida polisiklik aromatik uglevodorodlar hosil bo'lishi mumkin, masalan, kanserogen xususiyatlarga ega bo'lgan benz(a)piren.

Bundan tashqari, yoqilg'i tarkibidagi oltingugurt ham (pirit- FeS_2) SO_2 gazini hosil bo'lishiga olib keladi:

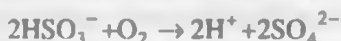


Qurum bilan SO_2 — birlamchi ifloslantiruvchilar hisoblanadi, chunki ular to'g'ridan-to'g'ri manbadan kelib tushadi. London shahrida havoning namligi yuqori bo'lganligi uchun yoqilg'i yonganda atmosferaning ifloslanishi kuzatilgan.

Havoda tuman (fog) hamda tutun (smoke) birgalikda bo'lgani uchun smog — «smog» so'zi kelib chiqqan. Bugungi kunda atmosferaning umuman ifloslanishi smog deb ataladi. Oltingugurt dioksidi suvda yaxshi erigani uchun tutun zarralarining atrofida kondensatsiyalanadi:



Havodagi metall zarralari erigan SO_2 ni sulfat kislotasiga o'tish jarayonini tezlashtirib beradi:



Sulfat anioni suvda yaxshi erigani uchun hosil bo'lgan tomchi yana qo'shimcha suvni adsorbsiyalab, og'irlashadi, uning pH ko'rsatgichi esa pasayadi.

Kuchli oksidlantiruvchi modda sifatida sulfat kislotasi ko'zni yoshlantirib, nafas yo'llarini achitib tirik organizmlarga salbiy ta'sir ko'rsatadi.

Fotokimyoviy smog NO birinchi marta 1944-yilda Los-Andjeles shahrida aniqlangan bo'lib, u quyosh nuri ta'sirida, atmosferaning barqarorligi yuqori darajada bo'lganda hosil bo'ladi. Uning asosiy belgisi — havo rang tutun paydo bo'lishi va ko'rinish yomonlashishidir. Smog paydo bo'lganda u nafas yo'llarni achitib, ko'zlarni yoshlantirib inson salomatligiga salbiy ta'sir etadi. Ushbu vaziyatning uzoq vaqt mobaynida saqlanib turishi aholi orasida kasalliklarni ko'payishi va ayrim holatlarda o'limiga ham olib kelishi mumkin. Ayniqsa, ko'proq smog bolalar va keksalarga ta'sir ko'rsatadi, o'simliklarning barglarini quritib yuboradi.

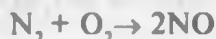
Bundan tashqari, smog metallar korroziyasi, rezina va inshootlarning yemirilishiga olib keladi.

Fotokimyoviy smogning oksidlantiruvchi hossalari asosan tarkibidagi ozon va peroksiatsetilnitratlarga bog'liqdir. Los-Andjeles smogi avtotransportda benzin yoqish natijasida hosil bo'ladi. Lekin, uning tarkibidagi zaharli moddalar avtotransportdan to'g'ridan-to'g'ri tashlan-

maydi. Bu moddalar havoda birlamchi ifloslantiruvchilar, ya'ni azot oksidlari NO va avtomobillardan tashlanayotgan to'liq yonmagan yoqilg'ilarning o'zaro reaksiyaga kirishishi natijasida ikkilamchi mahsulotlar sifatida hosil bo'ladi.

Bu reaksiyalar asosan quyosh nuri ta'sirida amalga oshadi, shuning uchun bu smog fotokimyoviy deyiladi.

Yoqilg'i toza kislorodda emas, balki havo aralashmasida yonishi sababli yuqori temperaturada NO oksidi hosil bo'ladi:



Hosil bo'lgan NO oksidlanib NO_2 — ga aylanadi.

NO_2 quyosh nuri ta'sirida parchalanadi (fotodissotsiatsiya):



Hosil bo'lgan kislorod atomi ozon molekulasini hosil qiladi:



Ozon — bu troposferadagi hosil bo'ladigan ikkilamchi ifloslantiruvchidir.

Benzin yoqish natijasida atmosferaga kelib tushayotgan organik birikmalar ikkita jarayonni tashkil qiladi: 1 — NO oksidini NO_2 oksidiga aylantiradi; 2 — uglevodorodlar oksidlanib aldegidlarni hosil qiladi. Aldegidlar ko'zni yoshlantiruvchi moddalar bo'lib, kanserogen xususiyatlarga ham egadir.

Fotokimyoviy smogdagi reaksiyalar

Fotokimyoviy smog hosil bo'lishida asosan yoqilg'i yoqishda hosil bo'ladigan azot oksidlari muhim ahamiyatga ega, ya'ni ularning o'zgarishlari natijasida ozon hosil bo'ladi:

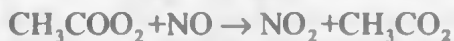
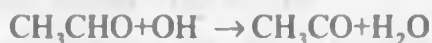


Uglevodorodlar oksidlanishi natijasida quyidagi reaksiyalar amalga oshadi:



Bu reaksiyalar natijasida NO oksidi NO_2 ga aylanadi, alkanlar esa aldegidlarga aylanadi.

Hosil bo'lgan aldegidlar quyidagicha o'zgaradi:



Bu reaksiyalar qatorida eng muhimi — bu ko'zni yoshlantiruvchi modda, ya'ni peroksiasetilnitratni hosil bo'lishidir:



Los-Andjeles smogi ko'mir yoqishda hosil bo'ladigan smogdan farqlanadi, ya'ni bunda tuman bo'lmaydi. Bu turdagi smog quyosh radiatsiyasi kuchli bo'lganda hosil bo'ladi.

Fotokimyoviy smogning xossalari:

1. Fotokimyoviy smog kun ochiq bo'lganda, havoning namligi kam bo'lganda hosil bo'ladi. Uning nohush xossalari peshindan keyin seziladi.

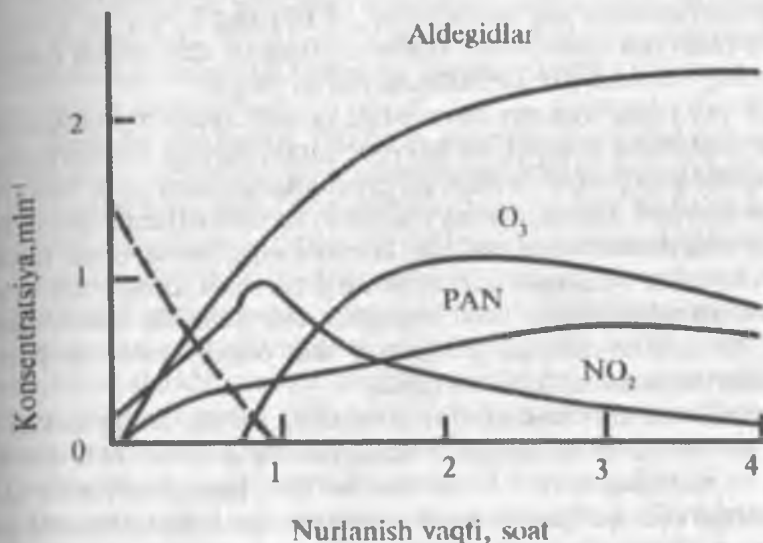
2. Fotokimyoviy smog kimyoviy jihatdan oksidlantiruvchi vazifasini bajaradi, ya'ni metallar korroziyasi, rezina buyumlarining yorilishiga olib keladi.

3. Smog inson va hayvonotlarning ko'zini yoshlantiradi, nafas yo'llarini achitadi, daraxt barglarini quritadi.

4. Havoda oq tuman paydo bo'lib, ko'rinish yomonlashadi.

Ozonning miqdorini oshib borishi azot oksidlarning miqdorini o'zgarishiga bog'liq, ya'ni u NO bilan NO_2 ning nisbiy miqdori

maksimumga yetganda boshlanadi. PAN ning miqdori esa aldegidlarning miqdori oshib borishi bilan ko'payadi (19-rasm).



19-rasm. Ifloslantiruvchilarning nurlantirish ta'sirida miqdorining o'zgarishi.

Nazorat savollari

1. Qaysi ifloslantiruvchi moddalar atmosferada smog hosil bo'lishiga olib keladi?
2. Nima uchun smog birinchi marta London shahrida sodir bo'lgan?
3. Smogning qanday turlari mavjud?
4. Fotokimyoviy smogning qanday asosiy xossalarini bilasiz?
5. Smog hosil bo'lishida azot oksidlari qanday rol o'ynaydi?
6. Smog tarkibidagi qaysi moddalar ko'zni yoshlantiradi va nafas yo'llarini achitadi?
7. Peroksiatsetilnitratlar hosil bo'lish mexanizmi qanday?
8. Smog o'simliklarga qanday ta'sir ko'rsatadi?

3.10. Kislotali yomg'irlar va ularni atrof-muhitga ta'siri

«Kislotali yomg'ir» tushunchasi ilk bor 1872-yilda ingliz muhandis va tadqiqotchi Robert Angus Smit tomonidan chop etilgan «Havo va Yomg'ir: kimyoviy klimatologiya asoslari» kitobida berilgan. Kislotali

yomg'irlarni chuqur ilmiy jihatdan tadqiqotlar asosida o'rganish esa o'tgan asrning 60-yillarining oxirida boshlangan. Hozirgi kunda pH-ko'rsatkichi yomg'ir suvlarining o'rta pH-ko'rsatkichidan past bo'lgan barcha meteorologik yog'in-sochinlar, ya'ni yomg'ir, qor, do'l, tuman, yomg'ir bilan qor aralashmasi «kislotali yomg'ir» deb ataladi (yomg'ir suvlarining o'rtacha pH ko'rsatkichi 5,6 ga teng).

Kislotali yomg'irlar suv havzalarini va tuproqlarni nordonlashtirib suvdagi yashovchi o'simlik va hayvonotlarga, yerdagi tirik organizmlarga, qishloq xo'jalik o'simliklarga, o'rmonlariga katta zarar yetkazadi. Bundan tashqari, kislotali yomg'irlar bino va inshootlarni, tarixiy yodgorliklarning yemirilishiga, metallar korroziyasiga, beton, ohak, marmar va keramikadan ishlangan qurilmalarning parchalanishiga olib keladi.

Kislotali yomg'irlarni hosil bo'lishiga olib keluvchi atmosferadagi asosiy ifloslantiruvchilarga oltingugurt ikki oksidi, azot oksidlari va uchuvchan organik birikmalari kiradi.

Atmosfera katta oksidlantiruvchi sistema bo'lib, uning tarkibidagi asosiy oksidlantiruvchi modda – kislorodning miqdori juda kattadir. Tabiiy va antropogen yo'li bilan hosil bo'lgan hamda tarkibida C, H, S, N atomlari bor bo'lgan birikmalar atmosferaga kelib tushganda unda uzoq vaqt davomida saqlanadigan barqaror (CO_2) yoki kislotali xossalarga ega bo'lgan qisqa vaqt havoda saqlanib turadigan (azot va oltingugurt oksidlari) birikmalarga aylanadi. Bu birikmalar suyuq fazadagi oksidlanish jarayonlarida ishtirok etib, yomg'ir bilan atmosferadan yuvilib chiqadi. Oksidlanish jarayonlarida kisloroddan tashqari ozon O_3 , gidroksil radikali HO , gidroperoksid radikali HO_2 , organik peroksid radikallari (ROO), peroksiasetilnitrat (PAN), vodorod peroksidi (H_2O_2), nitrat ionlari (HO_3^-) va boshqalar ishtirok etadi. Bu radikallar orasida reaksiya qobiliyati eng kuchli bo'lgan gidroksil radikali bo'lib, u azot va oltingugurt oksidlarini azot va sulfat kislotalari holatigacha oksidlantiradi.

Oltingugurt birikmalari atmosferaga tabiiy va antropogen yo'li bilan kelib tushishi mumkin. Tabiiy manbalarga quyidagilar kiradi:

1. Biosferaning tarkibidagi moddalarni parchalanish jarayonlari. Yer ostida kislorodsiz muhitda anaerob mikroorganizmlar ishtirokida organik qoldiqlarning parchalanishi natijasida ularning tarkibidagi oltingugurt gaz holatiga o'tadi. Shu bilan birga anaerob bakteriyalar suvdagi erigan sulfatlardan kislorodni ajratib olib, oltingugurtning gazli birikmalarini hosil qiladi. Bu jarayonlarda atmosfera havosiga vodorod sulfid va oltingugurtning organik birikmalari ajralib chiqadi.

2. **Vulqonlar faoliyati.** Vulqonlar otilganda atmosferaga katta miqdorda oltingugurt angidridi (SO_2) hamda vodorod sulfid (H_2S), sulfatlar va elementar holatidagi oltingugurt kelib tushadi. Bu moddalar asosan troposferaga, kuchli otilishlarda esa stratosferaga tushadi. Har yili atmosferaga vulqonlar faoliyati natijasida 2 mln.t miqdorida oltingugurt birikmalari tushadi.

3. **Dengizlar sirt yuzasi.** Okean va dengizlar yuzasidan atmosferaga ko'tarilgan suv tomchilarining bug'lanishi natijasida havo tarkibida natriy va xlor ionlari bilan birgalikda sulfatlari ham bo'lgan tuzlar qoladi. Bu tuzlar bilan har yili atmosferaga 50–200 mln t oltingugurt kelib tushadi.

Antropogen yo'li bilan oltingugurt birikmalari atmosferaga asosan yoqilg'i yoqish jarayonlarida oltingugurt angidridi holatida kelib tushadi. Eng ko'p miqdorda oltingugurt ko'mir tarkibida bo'lib, uni issiqlik elektrostansiyalarida yoqilg'i sifatida ishlatganda oltingugurtning antropogen chiqindilarining 70% hosil bo'ladi. Ko'mir yoqish jarayonida oltingugurtning bir qismi SO_2 holatiga o'tadi, bir qismi esa qattiq chiqindilar (shlak, kul) tarkibida qoladi.

Tozalanmagan neft tarkibida ham 0,1–2% gacha oltingugurt bo'lib, yonish jarayonida u SO_2 gazini hosil qiladi. Bundan tashqari, oltingugurt birikmalari metallurgiya sohasida hamda neftni qayta ishlash va sulfat kislotasini ishlab chiqarishda ham hosil bo'ladi. Umumman olganda, yil davomida atmosferaga antropogen manbalardan o'rtacha 60–70 mln t oltingugurt kelib tushadi.

Atrof-muhitga kelib tushgandan keyin oltingugurt birikmalari havoda tarqalish jarayoni bilan birgalikda turli fizik-kimyoviy jarayonlarga kirishadi. Kislotali yomg'irlarning hosil bo'lishi asosan SO_2 ning miqdoriga bog'liq.

Oksidlanish jarayoni gomogen va geterogen muhitida amalga oshishi mumkin. Gomogen jarayonlardan biri bu SO_2 ning quyoshning ultrabinafsha nurlanishi ta'sirida foton bilan reaksiyaga kirishishi:



Natijada SO_2 faol holatga o'tadi va havodagi kislorod molekulas bilan reaksiyaga kirishadi:

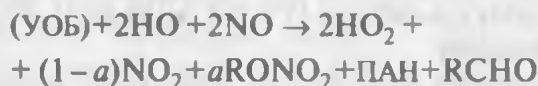


Hosil bo'lgan oltingugurt uchoksidi atmosferadagi suv bug'lari bilan reaksiyaga kirishib sulfat kislotasiga aylanadi:

Antropogen manbalarga asosan transport vositalari, yoqilg'i yoqish jarayonlari, kimyo va neftni qayta ishlash korxonalari hamda o'rmon yong'inlari kiradi. Tabiiy manbalardan organik moddalarning umumiy miqdoridan 65% kelib tushadi.

Bu moddalarning tarkibiga asosan o'simliklar hayot faoliyati natijasida hosil bo'ladigan to'yinmagan uglevodorodlar va izopren hosilalari kiradi.

Uchuvchan organik birikmalar atmosferadagi gidroksil radikal bilan reaksiyaga kirishib, quyidagi mexanizm bo'yicha o'zgaradi:



RONO_2 — organik nitratlar;

RCHO — aldegidlar; $a < 1$.

Atmosferadagi ammiak kislotali yomg'irlarni qisman neytrallashi mumkin. Bunda sulfat va ammoniy nitratlari hosil bo'ladi:



Ammiak asosan tuproqlarda mikroorganizmlar ta'siri ostida organik qoldiqlarning parchalanishida hosil bo'ladi.

Atmosferada hosil bo'lgan kislotalar yog'in-sochinlar bilan yuvilib chiqishi yoki quruq cho'kish yo'li bilan chiqishi mumkin.

Kislotali yomg'irlarni yer yuzasiga kelib tushishi natijasida suv havzalarini va tuproqlarning kislotaliligi oshadi hamda buning hisobiga ularning tarkibidagi og'ir metallar va zaharli moddalar erib, inson hamda hayvonot organizmiga kelib tushishi va to'planishi mumkin.

Kislotali yomg'ir ta'sirida o'simliklardan noorganik moddalar, ya'ni asosiy makro va mikroelementlar yuvilib chiqadi. Masalan, eng ko'p miqdorda kaliy, kalsiy, magniy, marganes, organik birikmalardan esa aminokislotalar, organik kislotalar, garmon, vitamin, pektin va fenol birikmalari chiqadi. Bu jarayonlar natijasida o'simliklarga kerakli bo'lgan biogen moddalar kamayib ketadi.

Tuproqlarga kelib tushgan vodorod ionlari tuproqdagi kationlarga almashishi natijasida tuproqdan kalsiy, magniy, kaliy ionlari chiqib

ketadi. Kislotali muhitda tuproqdagi og'ir metallar(marganes, mis, kadmiy, aluminiy) erib, o'simliklarga o'tadi va ularni zaharlashi mumkin.

Nazorat savollari

1. Qaysi moddalar atmosferada kislotali yomg'irlarni hosil bo'lishiga olib keladi?
2. Oltingugurt birikmalari qanday tabiiy va antropogen manbalardan kelib tushadi?
3. Qaysi asosiy mexanizm bo'yicha havoda sulfat kislotasi hosil bo'ladi?
4. Azot birikmalari qaysi manbalardan havoga tushishi mumkin?
5. Uchuvchan organik birikmalar qaysi tabiiy va antropogen manbalardan atmosferaga tushishi mumkin?
6. Kislotali yomg'irlar o'simliklarga qanday ta'sir ko'rsatadi?

4.1. Suvning gidrologik aylanma harakati

Gidrosfera – bu Yerning atmosfera va qattiq yer qatlami orasidagi joylashgan qavati bo'lib, u o'z ichiga dengiz, okean, ko'l suvlarini, yer osti suvlar va yer yuzasidagi barcha suvlarini kiritadi. Gidrosfera tushunchasiga hamma tabiiy eritmalar, uchta asosiy holatidagi suv (gazsimon, suyuq va qattiq) hamda kimyoviy birikmalar tarkibidagi suvlar kiradi. Yerdagi suvlarning umumiy hajmi 1,4 dan ortiq mlrd km^3 ni tashkil qiladi.

Gidrosferaning tarkibiy qismlari bir-biri bilan uzviy bog'langan bo'lib, ular orasida doimo o'zaro ta'sir etish va gazlar almashinish jarayonlari amalga oshirilib turadi, ya'ni tabiatdagi suv doimiy aylanma harakatda bo'ladi.

Yer yuzasidan bug'lanib chiqayotgan suvning hajmi 525 ming km^3 dan ortiq bo'lib, u suv bug'lari holatidagi atmosfera suvlarini tashkil qiladi. Atmosferaning yuqori qavatida sovish natijasida suv bug'lari kondensatsiyalanib qayta suv tomchilari yoki muz kristallariga aylanadi hamda Yerga atmosfera yomg'irlari va qor holatida qaytadi.

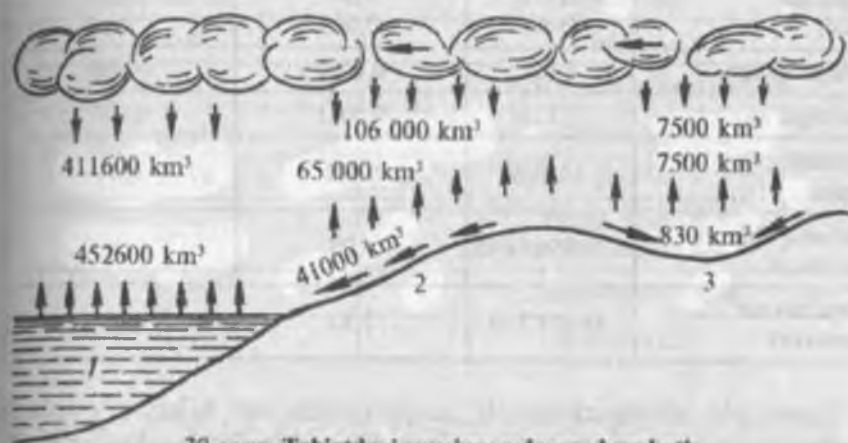
Dengiz va okeanlar yuzasidan bug'lanib chiqib, yana qaytib suv yuzasiga tushayotgan suv kichik aylanma harakatni tashkil qiladi. Agar atmosfera yomg'irlari quruqlikka tushsa, ularning bir qismi daryo va ko'llarga tushadi, katta qismi esa tuproq qavatidan filtrlanish jarayoni natijasida mineral hamda organik moddalar bilan to'yintirilib, yer osti suvlarini hosil qiladi.

Ular daryolarga tushib yana okeanlarga qaytadi. Quruqlik yuzasidan bug'lanib chiqqan suv ham okeanlarga kelib tushishi mumkin. Shunday qilib, suvning katta aylanma harakati tashkil bo'ladi. Bunda Yerdagi suvning umumiy miqdori bir xil bo'lib saqlanib turadi. Dunyodagi suvlarning umumiy balansi tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$U_o + U_q = O_o + O_q$$

$U_o + U_q$ – okean va quruqlik yuzasidan bug'lanib chiqayotgan suvning miqdori;

$O_o + O_q$ — okean va quruqlik yuzasiga kelib tushayotgan yomg'irlarning umumiy miqdori. 20-rasmda tabiatdagi suvning aylanma harakati keltirilgan.



20-rasm. Tabiatdagi suvning aylanma harakati.

Biosferaning hamma suvlari ham ko'rsatilgan aylanma harakatda ishtirok etmaydi. Suvning ma'lum qismi uzoq vaqt davomida o'simlik, inson va hayvonotlar organizmida, muzliklarda, tog'lardagi erimaydigan qorlarda yoki tuproq elementlari bilan kimyoviy bog'langan holda saqlanib turadi.

Gidrologik siklining turli qismlarida suvning miqdori 10-jadvalda keltirilgan.

10-jadval

Tabiiy suvlarning turlari	Hajmi, km³	Ulushi, %	
		Umumiy dunyodagi suv zaxiralaridan	Umumiy dunyodagi chuchuk suvlardan
Dunyo okeani	1 338 000 000	96,5	—
Yer osti suvlari	23 400 000	1,7	—
Chuchuk yer osti suvlari	10 530 000	0,76	30,1
Tuproqdagi namlik	165 000	0,001	0,05
Muzliklar va doimiy qor qatlami	24 064 100	1,74	

Ko'llardagi suvlar: chuchuk sho'r	91 000 85 400	0,007 0,006	0,26 —
Daryo suvlari	2 120	0,0002	0,006
Biologik suv	1 120	0,0001	0,003
Atmosferadagi suvlar	12 900	0,001	0,04
Suvning umumiy zaxiralari	1 385 984 610	100	—
Chuchuk suv zaxiralari	35 029 210	2,53	100

Inson o'z ishlab chiqarish jarayonlarida suv bilan ta'minlash manbalar sifatida ham yer yuzidagi ham yer osti suvlaridan foydalanadi. Lekin suvni sarflash, uni tabiiy to'latilishi jarayonidan oshib ketsa, tabiatdagi muvozanat buzilib ketishi mumkin. Masalan, katta miqdorda yer osti suvlaridan foydalanish ularning sathini pasayishiga olib keladi.

Suv ta'minoti uchun asosan chuchuk suvlar ishlatiladi, chunki ular doimiy qayta tiklanib turadi. Dengiz va yer osti suvlarni ishlatish uchun ularga maxsus ishlov berish kerak, bu esa katta miqdorda elektr energiyani talab qiladi va texnologik jihatdan ancha murakkab masala hisoblanadi.

4.2. Tabiiy suvlarning sinflanishi

Tabiiy suvlarning bir necha xil sinflanishi mavjud bo'lib, ulardan asosiylari — bu tarkibidagi tuzlar miqdoriga ko'ra, ya'ni minerallanish darajasi va suvning kimyoviy tarkibi bo'yicha sinflashdir.

Suvning tarkibidagi erigan moddalarning umumiy miqdori, ya'ni suvning minerallanish darajasini aniqlash uchun suv namunasi avval filtdan o'tkazilib bug'lantiriladi va 105°C quritilgan cho'kmaning massasi aniqlanadi. Minerallanish darajasi bo'yicha tabiiy suvlar 8 sinfga bo'linadi (11-jadval).

Ichimlik suvida tuzlarning miqdori 0,5 g/l oshmasligi kerak. Lekin hozirgi kunda ayrim hududlarda tarkibida 1–3 g/l erigan tuzlar bo'lgan suvlar ham ichimlik suv sifatida ishlatilib kelmoqda. Umumiy mine-

Minerallanish, g/l	Suvlarning nomi
0,2 dan kam	Ultrachuchuk
0,2–0,5	Chuchuk
0,5–1,0	Nisbatan yuqori minerallangan
1–3	Sho'rtang
3–10	Sho'r
10–35	Yuqori darajada sho'rlangan
35–50	Nomokoblarga o'tish
50–400	Nomokoblar

rallanishi 3–10 g/l ga teng bo'lgan suvlar faqatgina ma'lum uy hayvonotlari (echki, tuyalar) uchun yaroqli hisoblanadi. Ultrachuchuk suvlar inson organizmidan kalsiy tuzlarini chiqarib yuboradi, shuning uchun bunday suvlardan ichimlik suv sifatida foydalanib bo'lmaydi.

Tabiiy suvlarning to'liq sinflanishi — bu O.A. Alekin tomonidan ishlab chiqilgan suvlarning kimyoviy tarkibiga ko'ra sinflashdir.

Ushbu sinflanish bo'yicha suvning tarkibida eng ko'p miqdorda bo'lgan anionning miqdoriga qarab tabiiy suvlar quyidagi sinflarga bo'linadi: karbonatli yoki gidrokarbonatli (C); sulfatli (S); xloridli (Cl) sinflar. Suvlarning gidrokarbonatli sinfi chuchuk va ultrachuchuk bo'lgan daryo, ko'l suvlarini hamda yer osti suvlarning ko'pgina qismini o'z ichiga olgandir. Suvlarning xloridli sinfi dengiz, liman va sho'rlangan hududlardagi yer osti suvlarini o'z ichiga kiritadi. Sulfatli suvlar tarqalishi va minerallanish darajasi bo'yicha xlorid va karbonat suvlarning o'rtasida turadi.

Har bir sinf suvning tarkibida eng ko'p miqdorda bo'lgan kation bo'yicha uchta guruhga bo'linadi: kalsiy (Ca); magniy (Mg); natriy (Na) guruhlari.

Guruhlar o'z navbatida tarkibidagi kation va anionlarning miqdori bo'yicha quyidagi turlarga bo'linadi:



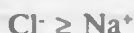
Bu turdagi suvlarga HCO_3^- ionlarining miqdori (mmol-ekv/l) kalsiy va magniy kationlarning umumiy miqdoridan ko'p bo'lgan suvlar kiradi. Bu suvlar kam darajada minerallangandir.



Bu suvlarda gidrokarbonat va sulfat ionlarining umumiy miqdori kalsiy hamda magniy kationlarning miqdoridan katta, shu bilan birga ularning miqdori alohida gidrokarbonat ionlarning miqdoridan kattadir. Bu turdagi suvlarga yer osti suvlari hamda o'rta minerallashgan daryo va ko'l suvlari kiradi.



yoki



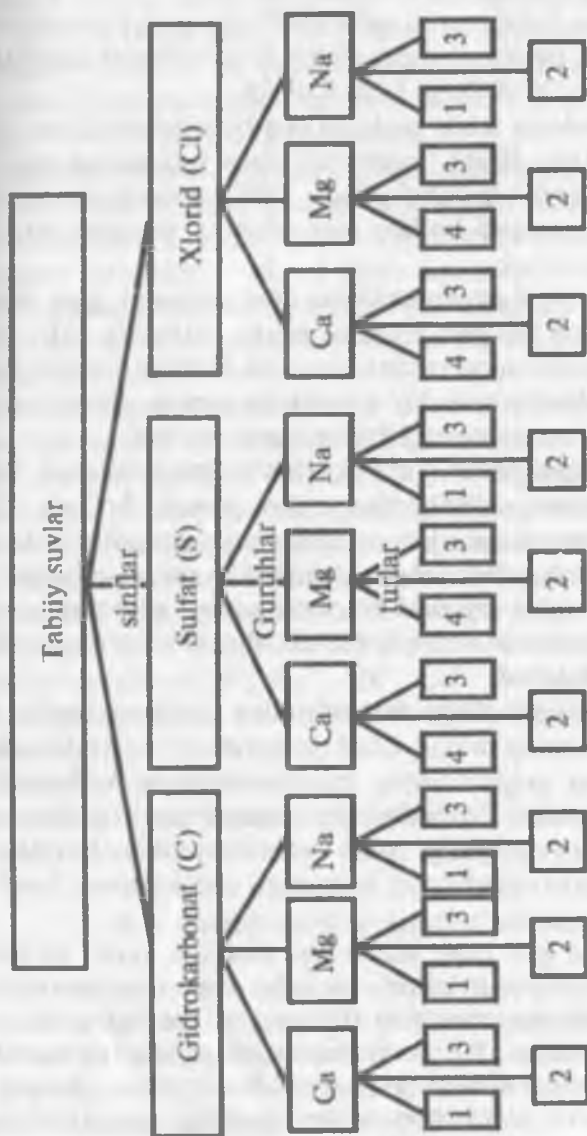
Uchinchi tur suvlarda xlor ionlarining miqdori natriy ionlaridan katta, kalsiy va magniy kationlarning umumiy miqdori esa gidrokarbonat hamda sulfat ionlarning umumiy miqdoridan kattadir. Bunday suvlar yuqori darajada minerallangan hisoblanadi:



To'rtinchi tur suvlarda gidrokarbonatlar umuman bo'lmaydi. Bunday suvlar nordon bo'lib, ular faqat xlorli va sulfatli sinflarda bo'lishi mumkin.

Sxema shaklida suvlarning sinflanishi quyidagi ko'rinishga ega (21-rasm).

Bu sinflanish to'liq bo'lsa ham bir qator kamchiliklarga ega. Masalan, bunda tabiiy suvlarda erigan holatda bo'lgan, daryo va ko'l suvlaridagi miqdori 100 mg/l gacha bo'lgan organik birikmalar hisobga olinmagan. Bunday birikmalarga asosan gumin kislotalari va ularning tuzlari (o'simlik hamda hayvonotlar qoldiqlarining mikrobiologik parchalanishi mahsulotlari), uglevodorodlar, fenol, oqsil moddalari, uglevodlar kiradi. Umuman, cho'kindi jinslar, tuproq va suvlarning tarkibida 500 dan ko'proq organik birikmalar aniqlangan. Tabiiy suv havzalar va daryo suvlarining rangi asosan organik moddalarga bog'liqdir. Shu bilan birga organik birikmalar kompleks hosil qilish jarayonlarida ishtirok etib, elementlarning migratsiyasiga ta'sir etishi mumkin. Bundan tashqari, bu sinflanishda suvdagi erigan gazlar hisobga olinmagan. Erigan gazning turi va miqdori suv havzasidagi fizik-kimyoviy jarayonlarga sezilarli ta'sir ko'rsatishi mumkin.



21-rasm. Tabiiy suvlarning kimyoviy tarkibi bo'yicha sinflanishi.
(O.A. Alyekin sinflanishi).

4.3. Tabiiy suvlarning kimyoviy komponentlari

O.A. Alekin sinflanishiga ko'ra tabiiy suvlarning kimyoviy komponentlari quyidagi guruhlariga bo'linadi:

1. Bosh ionlar. Tabiiy suvlar tarkibida 70 dan ortiq kimyoviy element aniqlangan bo'lib, bosh ionlarning chuchuk suvlardagi miqdori umumiy tuzlar miqdoridan 90–95% ni tashkil qiladi.

Bosh anionlarga tabiiy suvlarda eng ko'p uchraydigan – HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , CO_3^{2-} , HSiO_3^- anionlari, bosh kationlarga esa – Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Fe^{2+} kationlari kiradi. Tabiiy suvlarda doimo Ca^{2+} va Mg^{2+} kationlari mavjud bo'lib, ular suvning umumiy qattiqligini belgilaydi.

Bu kationlar suvga asosan tarkibida ohak, dolomit, gips, murakkab alumosilikatlar bor bo'lgan jinslarni erishi natijasida kelib tushadi. Kalsiy va magniy kationlari sanitar-gigiyenik jihatdan zararsiz bo'lsada, lekin, qattiq suvlardan maishiy-xo'jalik va sanoat ehtiyojlari uchun foydalanishda bir qator qiyinchiliklar paydo bo'ladi.

2. Suvdagi erigan gazlar. Tabiiy suvlarda asosan kislorod, karbonat angidridi va vodorod sulfid gazlari erigan holatda bo'ladi. Kislorod suvga atmosfera havosidan erishi natijasida kelib tushadi hamda suvdagi yashil o'simliklarning fotosintez jaryonlarida ajralib chiqadi. Suvda organik birikmalarning miqdori ko'payib ketsa, kislorodning miqdori kamayadi. Kuchli oksidlantiruvchi modda sifatida kislorod metallarning korroziyasiga olib keladi.

Karbonat angidridi suvga atmosferadan erishi natijasida hamda tirik organizmlarning nafas olish jarayonlarida ajralib chiqadi. Suvdagi karbonat angidridining miqdori suvning karbonatli muvozanatiga ta'sir etadi. Karbonatli muvozanat buzilib ketsa, suvning kislotaliligi yoki ishqoriyliligi oshib ketishi mumkin. Bunday suvlar metall va betonlarni eritishi yoki karbonatli cho'kmalarni hosil qilishi mumkin.

Vodorod sulfid gazi faqat kislorodsiz muhitda paydo bo'ladi. H_2S suvga badbo'y hid beradi hamda metallar korroziyasiga olib kelishi mumkin. Ichimlik suvni tarkibida H_2S gazi bo'lmasligi kerak.

3. Biogen moddalar. Bu moddalarga suvdagi tirik organizmlarning hayot faoliyati uchun kerakli bo'lgan moddalar kiradi. Biogen moddalarning asosiylari – azot birikmalaridir. Azotning organik birikmalariga oqsil moddalar kiradi. Azotning noorganik birikmalari asosan ammiakli azot – NH_4^+ , nitrit- NH_2^- va nitratlar – NH_3^- dan tashkil topgan

bo'lib, bu moddalar suvga yomg'ir suvlari bilan hamda dalalardan o'g'itlar bilan yuvilib tushadi.

Bundan tashqari, biogen moddalarga tirik organizmlarning yashashi uchun zarur bo'lgan fosfor birikmalari (di va $\text{gidrofosfatlar} - \text{H}_2\text{PO}_4^-$, HPO_4^{2-}), temir birikmalari (Fe^{2+}), silikatlar ($\text{metakremniy} - \text{H}_2\text{SiO}_3$, $\text{ortokremniy} - \text{H}_2\text{SiO}_4$ va $\text{polikremniy} - \text{H}_2\text{SiO}_5$ kislotalari) kiradi. Biogen moddalarning miqdori me'yoridan oshib ketsa suvda mikroorganizmlar va suv o'tlari ko'payib ketadi.

4. Organik moddalar. Suvdagi organik moddalarga asosan o'simliklar chiriganda hosil bo'lgan gumus birikmalari kiradi. Ular gumus kislotalaridan tashkil topgan bo'lib ikki turga bo'linadi:

1-gumin kislotalari — fenol bilan aminokislotalarning kondensatsiyasi natijasida hosil bo'lgan yuqori molekular birikmalar;

2-fulvokislotalar — oksikarbon kislotasi asosida hosil bo'lgan yuqori molekular birikmalar.

Suvlardagi organik moddalarning miqdori oshib ketishi kislorodga bo'lgan biokimyoviy ehtiyojning (KBE) ko'rsatkichini oshishiga olib keladi. Toza suvning KBE ko'rsatkichi 1–4 mg O_2/l ga teng bo'lishi kerak. 10 mg O_2/l dan yuqori bo'lgan KBE ko'rsatkichi suv havzasining oqova suvlar bilan ifloslanganligi haqida dalolat beradi.

5. Mikroelementlar. Suvdagi miqdori 1 mg/l dan kam bo'lgan elementlar mikroelementlarga kiradi. Ular quyidagi turlarga bo'linadi:

- kationlar (Li^+ , Rb^+ , Cs^+ , Ba^{2+} , Sr^{2+} va hokazo);
- og'ir metallar (Cu^{2+} , Ag^{2+} , Ni^{2+} , Cd^{2+} va hokazo);
- amfoter kompleks hosil qiluvchilar (Cr , Mo , V va hokazo);
- anionlar (I^- , F^- , Br^-);
- radioaktiv elementlar.

Bu moddalarning miqdori suvda juda kichik bo'lsa ham, ular suvning sifatiga katta ta'sir ko'rsatadi.

4.4. Tabiiy suvning anomal xossalari

Tabiiy suv bir qator o'ziga xos bo'lgan, ya'ni uni boshqa suyuq moddalardan farqlantirib turuvchi anomal xususiyatlarga ega. Suvning anomal xossalriga quyidagilar kiradi:

1. Suvning zichligi $+4^\circ\text{C}$ da maksimal ko'rsatgichga ega. Masalan, 0°C da distillangan suvning zichligi $0,999841 \text{ kg/m}^3$ ga teng, 25°C da $0,9977047 \text{ kg/m}^3$, 4°C da esa $0,999973 \text{ kg/m}^3$ ni tashkil qiladi. Shuning uchun ham qish faslida suv havzalarning ustki qavatlari $+4^\circ\text{C}$ gacha

sovib og'irlashadi va pastga tushadi, tepaga esa yengil hamda issiqroq qavatlari ko'tariladi. Suv havzaning hammasi $+4^{\circ}\text{C}$ gacha sovuganda suvning faqat ustki qavatlari muzlaydi va ular yengil bo'lgani uchun suv yuzasida qolaveradi. Muz suvdan yengil bo'lganligi sababli, suv havzasining yuzasida suzib yuradi. Muz va uning ustidagi qor qatlami suv havzaning muzlab qolishdan saqlab turadi, chunki muz bilan qorning issiqlik o'tkazish ko'rsatkichi juda past. Masalan, qor qatlamining issiqlik o'tkazish ko'rsatkichi zichligi $0,1 \text{ g/sm}^3$ bo'lganda sherst matosining issiqlik o'tkazishiga teng bo'lib, $0,2 \text{ g/sm}^3$ zichligida esa qog'ozning issiqlik o'tkazish ko'rsatkichi bilan bir xil bo'ladi. Suvning bu xususiyatlari qish faslida suv havzalarida hayot saqlanib turishiga imkon yaratadi.

2. Suvning issiqlik sig'imi ko'rsatkichi boshqa barcha qattiq va suyuq moddalarga nisbatan, vodorod bilan suyuq ammiakdan tashqari, eng yuqoridir. Masalan, 273K da $C_p=75,3 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$ ni tashkil qiladi. Suvning issiqlik sig'imi katta bo'lganligi uchun Dunyo okeani temperaturaning siljishlarini kamaytirib turadi va ekvatoridan qutbgacha temperaturaning farqi atigi 30°C ni tashkil qiladi.

3. Suvning suyulish issiqligi ko'rsatkichi 273K da $H=6,012 \text{ kJ/mol}$ ga teng bo'lib, bu boshqa qattiq va suyuq moddalarga nisbatan, vodorod bilan suyuq ammiakdan tashqari eng yuqoridir. Suvning shu xususiyati sababli Yerda fasldan faslga o'tish jarayoni asta-sekinlik bilan amalga oshiriladi. Bahor bilan kuz fasllarini suvning bir fazadan ikkinchi fazaga o'tish davri deb tassavur qilsa bo'ladi. Suv 0°C gacha tez isib, tez sovish xususiyatiga ega bo'lsada, lekin suv, qor va muzni boshqa agregat holatiga o'tkazish uchun juda katta miqdorda energiya sarflanishi talab qilinadi. Shuning uchun bunday fasldan faslga o'tish davri ma'lum vaqtga cho'ziladi va asta-sekin o'tadi. Shuni aytib o'tish kerak-ki, masalan, 1 m^3 suvning muzlashida 10 kg ko'mirmi yoqishdan hosil bo'lgan issiqlikka teng bo'lgan issiqlik ajralib chiqadi.

4. Suvning bug'lanish issiqligi 373K da $H=40,683 \text{ kJ/mol}$ ga teng, ya'ni juda yuqori bo'lgani uchun Yerga kelib tushayotgan quyosh energiyasining ko'p qismi suvni bug'lantirishga sarflanadi va yer yuzasi qizib ketmaydi. Atmosferada suv bug'lari kondensatsiyalanib, energiya ajralib chiqadi va u atmosfera komponentlarining kinetik energiyasiga aylanib, qattiq shamollarni hosil bo'lishiga olib kelishi mumkin.

5. Suvning sirt-tarangligi boshqa suyuqliklarga nisbatan eng yuqori bo'lganligi uchun ($T = 298\text{K}$, $\sigma = 71,93 \cdot 10^{-3} \text{ J/m}^2$)) ozgina

shamol esganda suv yuzasida to'liq va tebranishlar paydo bo'lib, buning natijasida suv maydoni keskin oshadi va atmosfera bilan gidrosfera o'rtasidagi issiqlik almashuv jarayonlari faollashadi. Suvning yuqori sirt-tarangligi bilan kapillar kuchlari ham bog'liq bo'lib, ular ta'sirida suv grunt suvlari sathidan 10–12 m balandlikka ko'tarilishi mumkin.

6. Suvning dielektrik doymiyligi $T=298\text{ K}$ da 78,3 ga teng bo'lib, eng yuqori ko'rsatkichga ega. Shuning uchun ham suvning barcha qutbli va ion strukturali tuzilishga ega bo'lgan moddalarni eritish qobiliyati juda yuqoridir. Shu sababli tabiatda kimyoviy jihatdan toza suv uchramaydi va u faqatgina eritma holatida bo'lishi mumkin. Hatto Antarktida hududidagi eng toza atmosfera yog'in-sochinlarining tarkibida ham 5 mg/l gacha erigan tuzlar borligi aniqlangan. Vulqonlar faoliyat ko'rsatayotgan joylarda esa yomg'ir suvlaridagi tuzlarning umumiy miqdori 1000 mg/l ga teng bo'lishi mumkin.

Tabiiy suvlarning tarkibini asosan tabiatda keng tarqalgan birikmalar, ya'ni galit-NaCl, gips $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, kalsit CaCO_3 va dolomit — $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ lar belgilaydi. Galit bilan kontaktga keltirilganda suv eritmalariga natriy kationlari va xlor anionlari o'tadi. Bunda tabiiy suvdagi erigan moddalarning miqdori keskin oshadi va ayrim holatlarda 400 g/l NaCl gacha bo'lishi mumkin. Gips bilan kontaktda bo'lgan suvlarda kalsiy kationlari bilan sulfat ionlari paydo bo'ladi. Bunday suvlardagi tuzlarning umumiy miqdori 2–3 g/l ga teng. Ammo gips bilan galit tuzlari birgalikda bo'lganda tuzlarning umumiy miqdori 6–7 g/l gacha ham bo'lishi mumkin. Tabiatda keng tarqalgan kalsiy karbonat bilan dolomit eriganda suv eritmalarida kalsiy, magniy va gidrokarbonat ionlari hosil bo'ladi. Uglerod dioksidi bilan kontaktda keltirilganda bunday suvlardagi tuzlarning miqdori 1 g/l ni tashkil qiladi.

Yerdagi suvning asosiy qismi Dunyo okeanida to'planganligi sababli tabiiy suvlarning o'rtacha tarkibi okean suvlarining tarkibiga yaqindir.

4.5. Suvning vodorod ko'rsatkichi

Suv amfoter elektrolit bo'lib quyidagicha dissosiyalashadi:



yoki

normal oksidlovchi-qaytaruvchi potentsiallarning sonlari E_0 , V oksidlanish-qaytarilish jarayonlarning yo'nalishini, eritmadagi turli xil birikmalarning mavjudligini aniqlash imkonini beradi. Normal oksidlovchi potentsial yordamida moddalarning qaysi biri reaksiyada oksidlovchi (qaytaruvchi) bo'lishini va reaksiya qaysi yo'nalish bo'yicha ketishini aniqlash mumkin.

Bu ko'rsatkich oksidlovchi qaytaruvchining potentsiallarini ayirish yo'li bilan aniqlanadi.

Oksidlanish-qaytarilish potentsiallarning eritmadagi oksidlangan va qaytarilgan shakllarning miqdoriga bog'liqligi Nernst tenglamasi yordamida aniqlanadi:

$$E = E_0 + 0,058 \frac{n \lg a_{\text{oksid}}}{n \lg a_{\text{qaytar}}},$$

bunda: E_0 — normal oksidlovchi- qaytaruvchi potentsial, V;

n — berilgan elektronlar soni;

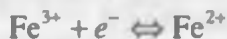
a_{oksid} — moddaning oksidlangan holdagi faolligi;

a_{qaytar} — moddaning qaytarilgan holdagi faolligi.

Suvdagi sistemalarda faollik ko'rsatkichlari katta darajada farqlanishi mumkin, shuning uchun erkin elektronlarning faolligini ifodalashning qulay yo'li — bu pe shkalasidir. U pH shkalasiga o'xshab quyidagicha aniqlanadi:

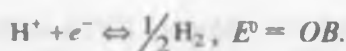
$$pe = -\lg [a_e].$$

Atrof-muhitning oksidlash-qaytarish qobiliyati uning pe ko'rsatkichi bilan aniqlanadi. Moddaning bu ko'rsatkichi uning quyidagi muhitda oksidlangan yoki qaytarilgan shaklda mavjudligini aniqlashga imkon beradi. Masalan, temirning oksidlanish-qaytarilish jarayoni quyidagicha amalga oshiriladi:



$$E^0 = +0,771 \text{ B}$$

To'g'ri reaksiyada Fe^{3+} elektron qabul qilib, oksidlantiruvchi vazifasini bajaradi va Fe^{2+} holatigacha qaytariladi. Qarshi reaksiyada esa Fe^{2+} — qaytaruvchi rolini bajarib elektronni beradi. Yarim elementning potentsiali E^0 yoki qaytarilish potentsiali, jarayonni vodorod yarim elementining potentsialiga nisbatan yo'nalishini ko'rsatadi:



Yarim elementlarning potentsiallari moddaning faolligi 1, temperatura 25°C va gazsimon komponentlarning bosimi 1 atm. ga teng bo'lgan sharoitlar uchun aniqlanadi.

Elektrod potentsialining moddalarning miqdori (yoki faolligi)ga bog'liqligi Nernst tenglamasi bilan ifodalanadi:

$$E = E^0 + 2,3 \frac{RT}{nF} \lg \frac{[\text{Fe}^{3+}]}{[\text{Fe}^{2+}]}$$

Erkin elektronlar eritmada mavjud bo'lmasa ham, quyidagi tenglamani yozish mumkin:

$$K = \frac{[\text{Fe}^{2+}]}{[\text{Fe}^{3+}][e]}$$

Bu tenglamadan elektronlarning miqdorini aniqlash mumkin:

$$[e] = \frac{1}{K} \frac{[\text{Fe}^{2+}]}{[\text{Fe}^{3+}]}$$

Manfiy logarifmi uchun:

$$pE = pE^0 + \lg \frac{[\text{Fe}^{3+}]}{[\text{Fe}^{2+}]}$$

$pE = -\lg [e]$ $pE^0 = \lg K$ bitta elektron uchun ($n=1$)

$$E^0 = \frac{RT}{nF} \ln K,$$

$$\lg K = 16,92 E^0.$$

Shunday qilib, temirning oksidlanish-qaytarilish reaksiyasi uchun quyidagi tenglamani yozish mumkin:

$$pE = 13,0 + \lg \frac{[\text{Fe}^{3+}]}{[\text{Fe}^{2+}]}$$

Masalan, eritmadagi Fe^{3+} miqdori 10^{-5}M va Fe^{2+} 10^{-3}M bo'lganda eritmaning pe ko'rsatkichi quyidagicha hisoblanadi:

$$pe = 13,0 + \lg \frac{1 \cdot 10^{-5}}{1 \cdot 10^{-3}} = 13,0 - 2 = 11.$$

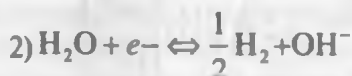
11 ga teng bo'lgan pe ko'rsatkich atrof-muhitning elektron qabul qilish yoki berish qobiliyatini ko'rsatadi. Muhitning pH ko'rsatkichi vodorod ionlarining faolligini belgilaydi, pe ko'rsatkichi esa elektronlarning faolligini ko'rsatadi (12-jadval).

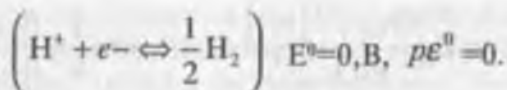
12-jadval

pH	pe
$pH = -\lg[H^+]$ <ph <math="" bo'lganda,="" katta="">H^+ ionlarining faolligi pasayadi pH past bo'lganda, H^+ ionlari faol bo'ladi. </ph>	$p = -\lg [e^-]$ pe ko'rsatkichi baland bo'lganda, elektronlarning faolligi past bo'ladi. pe ko'rsatkichi past bo'lganda, elektronlarning faolligi yuqori darajada bo'ladi.
$pH = pK_a + \lg[A^-]/[HA]$	$pe = pe^0 + \lg[\text{oksidlangan}]/[\text{qaytarilgan}]$
$pK_a = pH$ va $[A^-] = [HA]$	$pe^0 = pe$ va $[\text{oksidlangan}] = [\text{qaytarilgan}]$

4.7. Suvning pe ko'rsatkichi

Yer usti suvlaridagi jarayonlar uchun quyidagi ikki reaksiyasini yozish mumkin:





Tabiiy suvlarning tarkibida kislorod bo'lganligi uchun asosan blinchi reaksiya amalga oshiriladi va bu jarayon uchun pe ko'rsatkichi quyidagicha hisoblanadi:

$$pe = pE^0 + \lg [\text{PO}_{0,2}]^{1/4} [\text{H}^+]$$

Bunda: P_{O_2} —kislorodning parsial bosimi.

Kislorodning parsial bosimi 0,21 atm va $\text{pH}=7,0$ ga teng bo'lganda, suvning ko'rsatkichi quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$pe = 20,75 + \lg [0,21]^{1/4} [1 \cdot 10^{-7}] = 20,75 - 7,17 = 13,58$$

pe ko'rsatkichi baland bo'lganligi uchun elektronlarning faolligi past bo'ladi va atrof-muhitdagi sharoitni oksidlantiruvchi deb baholash mumkin.

2. Chuqur ko'ldagi suvlar uchun.

Ko'l suvlarining tarkibida kislorodning miqdori kam bo'lib, u o'rtacha 0,03 mg/l ni tashkil etadi. Kislorodning parsial bosimi $6 \cdot 10^{-4}$ atm. ga teng.

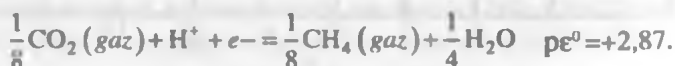
Bunday sharoit uchun pe ko'rsatkich quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$pe = 20,75 + \lg [6 \cdot 10^{-4}]^{1/4} [1 \cdot 10^{-7}] = 20,75 - 7,8 = 12,95.$$

pe ko'rsatkichning pasayishi muhitning oksidlantiruvchi sharoitlari yer ustidagi ko'llardagi sharoitlarga, ya'ni atmosferadagi kislorod bilan kontaktda bo'lgan suvlarga nisbatan pasayishini ko'rsatadi.

3. Anaerob avtoklavdagi suvlar uchun (kislorodsiz muhit):

Anaerob avtoklavdagi gazli faza 65% metan va 35 % SO_2 dan tashkil topgan bo'lib, suv bilan kontaktga keltiriladi. Suvning pN ko'rsatkichi 7,0 ga teng. Bunday sistemada quyidagi reaksiya amalga oshadi:



Ushbu sistemaning pe ko'rsatkichi quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$pe = 2,87 + \lg \frac{(P_{CO_2})^{1/8} [H^+]}{P(CH_4)^{1/8}} = 2,87 - pH + \frac{1}{8} \lg \frac{P_{CO_2}}{P_{CH_4}} =$$

$$= 2,76 - 7 - 0,033 = -4,16.$$

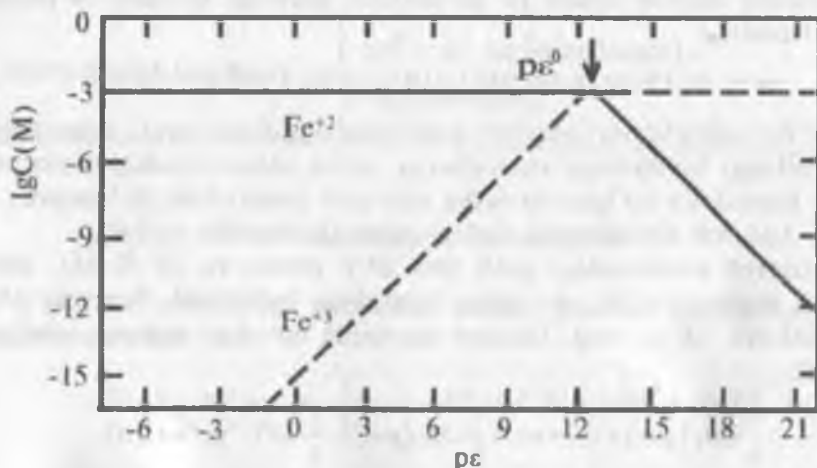
pe ko'rsatkich kichik son bo'lganligi uchun elektronlarning faolligi yuqori bo'ladi va muhit kuchli qaytaruvchi qobilyatga ega. Bunday muhitdagi moddalar elektronlarni qabul qilib, qaytariladi.

Ushbu tenglamalar yordamida diagramma tuzib, temir ionlarining tabiiy sharoitda taqsimlanishini ko'rib chiqsa bo'ladi.

pe ko'rsatkichi pasayganda elektronlarning atrof-muhitdagi faolligi oshadi, shuning uchun temir qaytarilgan, ya'ni Fe^{2+} shaklida bo'lishi kerak. Bunday diagrammalar yordamida moddalarning hossalarni atrof-muhitdagi ko'rsatkichiga bog'liqligini aniqlash mumkin. Masalan, eng oddiy diagrammalardan biri $Fe^{3+} - Fe^{2+}$ diagrammasi bo'lib, uni quyidagi tenglama buyicha hisoblash mumkin (22-rasm):

$$pe = 13,0 + \lg \frac{[Fe^{3+}]}{[Fe^{2+}]}$$

Temirning ikkita shakli biri biri bilan teng bo'lgan holat 0 ga teng.

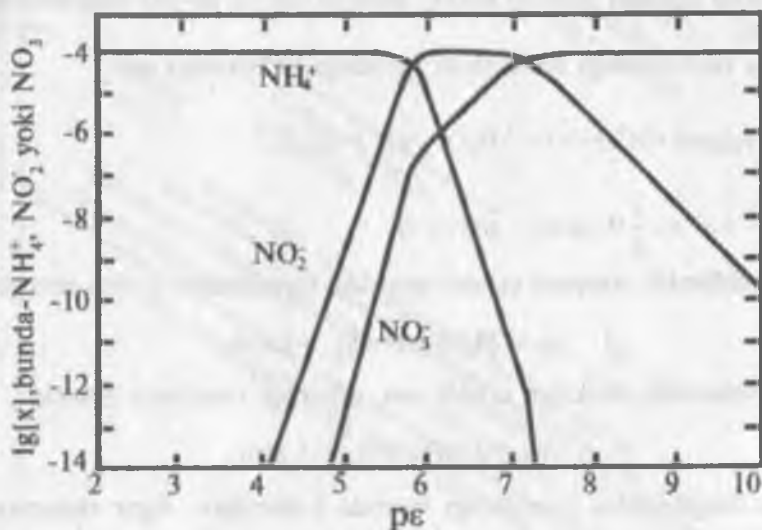


22-rasm. Temirning umumiy miqdori $1,10^{-3}M$ bo'lganda Fe^{3+} va Fe^{2+} ionlarining taqsimlanishini pe ko'rsatkichiga bog'liqligi.

Atrof-muhitning ifloslanishida tabiiy suvlardagi azot birikmalarining shakli ham muhim ahamiyatga egadir, chunki azotning oksidlanish darajasi turlicha bo'lishi mumkin. Yer usti suvlarda nitratlarning miqdorini ortishi ularning qishloq xo'jalik dalalaridan yuvilib tushishi yoki chorvachilikda hosil bo'lgan oqova suvlariga bog'liqdir. Nitritlarning o'zi ham zaharli modda hisoblanadi, lekin ularni nitratlar holatigacha qaytarilishi inson organizmi uchun jiddiy xavf yaratishi mumkin, chunki nitratlar gemoglobin bilan reaksiyaga kirishishi hamda kanserogen xususiyatlarga ega bo'lgan nitrozaminlarni hosil qilishi mumkin.

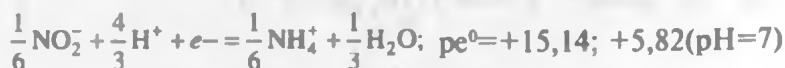
Oxirida nitritlar ammiak holatigacha qaytarilib tabiiy sharoitga xos bo'lgan pH muhitida ammoniy ion shakliga o'tadi.

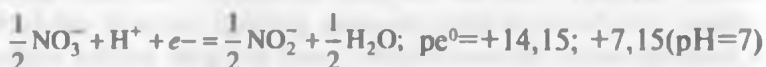
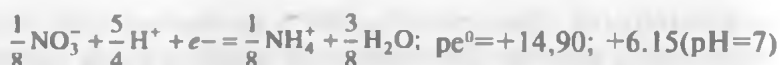
Azot birikmalari uchun pe ko'rsatkichi bilan bog'liqlik diagrammasi quyidagi ko'rinishga ega (23-rasm).



23-rasm. Azot birikmalarining pe ko'rsatkichi bilan bog'liqligi, azotning umumiy miqdori $1,0 \cdot 10^{-4} M$.

Atrof-muhitning ko'rsatkichini azotning turli shakllarini taqsimlanishiga ta'sirini quyidagi tenglamalar asosida aniqlash mumkin:



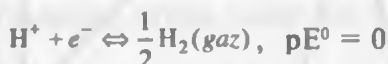
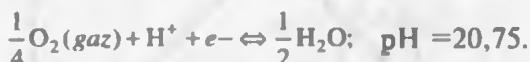


Atrof-muhitning $p\epsilon$ ko'rsatkichi baland bo'lganda, azot oksidlanish darajasi yuqori bo'lgan nitrat shaklida bo'ladi. $p\epsilon$ ko'rsatkichi past bo'lganda, ammoniy ion shaklida, o'rta holatda esa azot nitrit shakliga o'tadi.

$p\epsilon$ -pH diagrammalari

Ko'pgina oksidlanish-qaytarilish sistemalaridagi jarayonlar ham elektronlarning ham protonlarning harakatlanishiga bog'liq. Bunday sistemalarni ifodalash uchun muhitning pH va $p\epsilon$ ko'rsatkichlari birgalikda hisobga olinishi kerak. Buning uchun $p\epsilon$ -pH diagrammalari tuziladi.

Suv ishtirokidagi reaksiyalar quyidagi ko'rinishga ega:



Oksidlanish jarayoni uchun quyidagi tenglamani yozish mumkin:

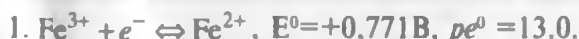
$$p\epsilon = 20,75 - \text{pH} \quad P_{\text{O}_2} = 1 \text{ atm.}$$

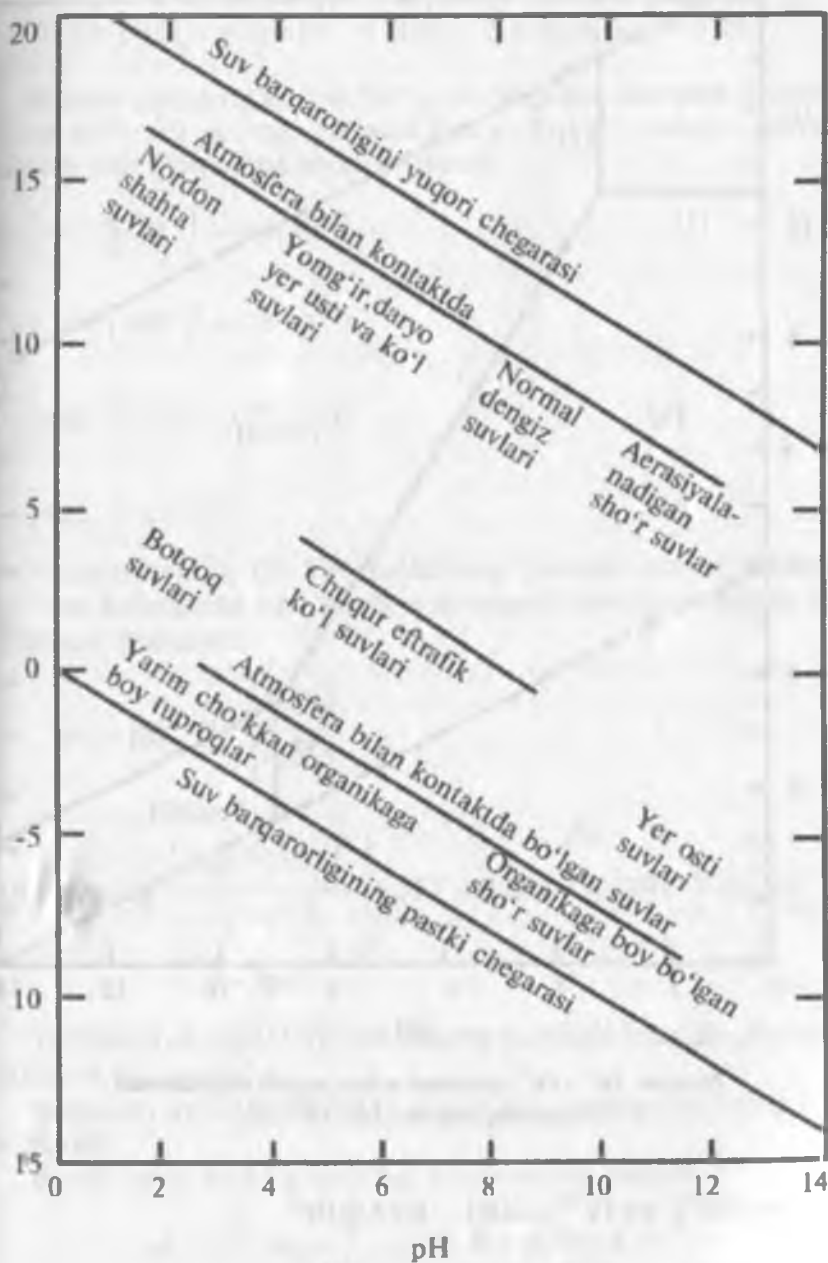
Qaytaruvchi reaksiya uchun esa, quyidagi tenglama mavjud:

$$p\epsilon = 0 - \text{pH} \quad P_{\text{H}_2} = 1 \text{ atm.}$$

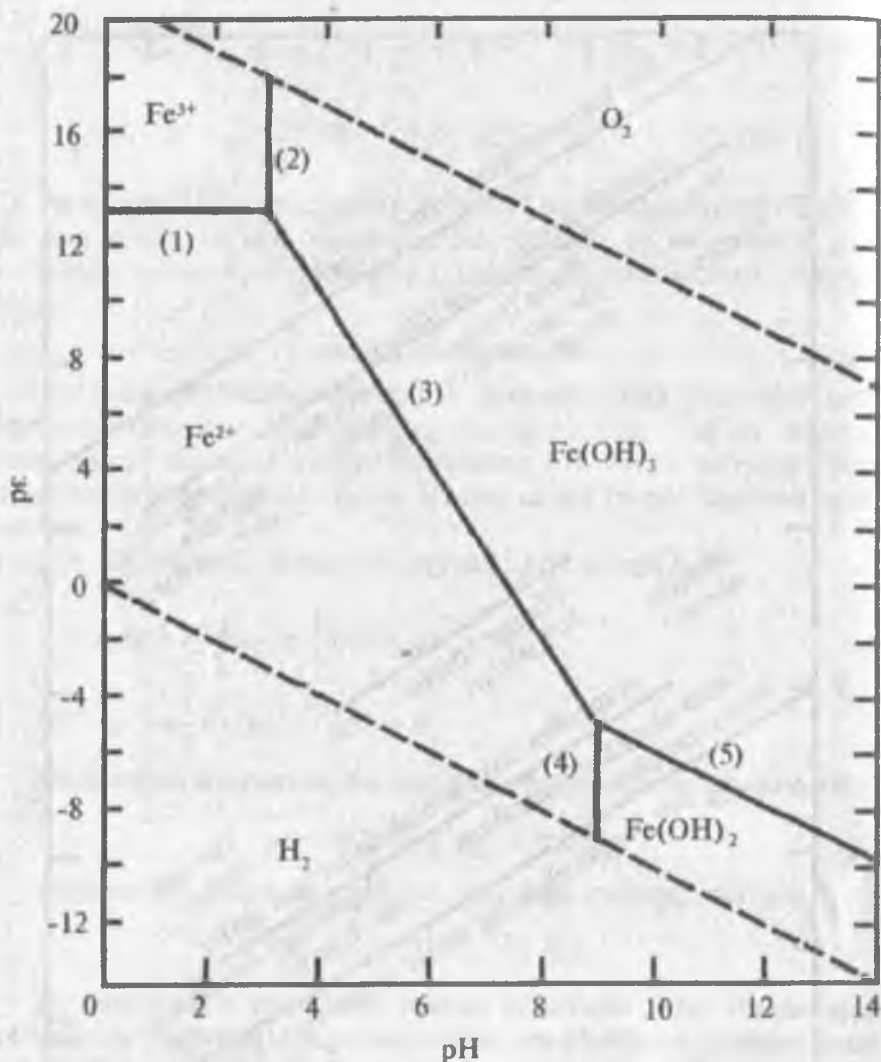
Bu tenglamalar yuqoridagi rasmda keltirilgan. Agar sistemaning ko'rsatkichi yuqoridagi chegaradan oshsa, suv oksidlanib, kislorod hosil qiladi. Agar $p\epsilon$ ko'rsatkich pastki chegaradan o'tsa, suv qaytarilish vodorod hosil qiladi (24-rasm).

Ushbu diagramma suvdagi temir birikmalari uchun tuzilgan bo'lib, quyidagi jarayonlarni ifodalaydi (25-rasm).

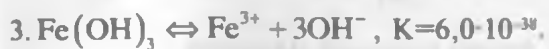
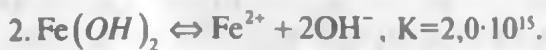




24-rasm. Suvning barqarorlik chegaralari.



25-rasm. Fe²⁺ - Fe³⁺ sistemasi uchun pe/pH diagrammasi, temirning miqdori $1,0 \cdot 10^{-5}$ M.





Birinchi chiziq (1) Fe^{2+} va Fe^{3+} o'rtasidagi muvozanatni ifodalaydi. Bunda $pE^0 = 13$ ga teng. Ikkinchi chiziq (2) Fe^{3+} ionlarini gidroksid holatida cho'kmaga tushishini ko'rsatadi.

$$[\text{Fe}^{3+}][\text{OH}^-]^3 = 6,0 \cdot 10^{-38}$$

$$1 \cdot 10^{-5} [\text{OH}^-]^3 = 6,0 \cdot 10^{-38}$$

$$[\text{OH}^-]^3 = 6,0 \cdot 10^{-38} / 1 \cdot 10^{-5}$$

$$[\text{OH}^-] = 1,8 \cdot 10^{-11}$$

Uchinchi chiziq (3) Fe^{2+} ionlarining gidroksil ionlari ishtirokida Fe^{3+} ion holatigacha oksidlanib, uch valentli temir gidroksidini hosil bo'lishini ifodalaydi.

$$pE = pE^0 + \lg \frac{[\text{Fe}^{3+}]}{[\text{Fe}^{2+}]}$$

$$pE = pE^0 + \lg \left(\frac{K_{sp} / [\text{OH}^-]^3}{[\text{Fe}^{2+}]} \right) = pE^0 + \lg K_{sp} - 3 \lg [\text{OH}^-] - \lg [\text{Fe}^{2+}] =$$

$$= 23 - 3pH$$

To'rtinchi chiziq (4) Fe^{2+} ionlarining gidroksid holatida cho'kmaga tushishini ko'rsatadi.

Beshinchi chiziq (5) $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ni $\text{Fe}(\text{OH})_2$ holatigacha qaytarilishini ko'rsatadi.

Bunda pE ko'rsatkich quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

$$pE = pE^0 + \lg \frac{1}{[\text{OH}^-]} = -9,48 + pOH = 4,5 - pH$$

Muhitning pH ko'rsatkichi past, *pe* ko'rsatkichi esa baland bo'lganda, temir Fe^{3+} shaklida bo'ladi. *pe* ko'rsatkich past bo'lganda, Fe^{2+} holatiga o'tadi. Yer osti suvlarida, ya'ni qaytaruvchi muhitda temir Fe^{2+} shaklida bo'lib, suv rangsiz bo'ladi. Yer yuziga chiqqandan keyin suv kislorod bilan to'yinadi, suvning *pe* ko'rsatkichi oshadi va temir gidroksid holatiga o'tib, cho'kmaga tushadi. Bunday suvning rangi sariq bo'ladi.

Demak, moddalarning xususiyatlariga atrof-muhitning oksidlanish-qaytarilish ko'rsatkichi katta ta'sir ko'rsatishi mumkin.

4.8. Karbonat kislota va uning suvdagi shakllari

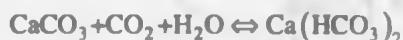
Karbonat angidrid gazi — CO_2 suvda erishi hisobiga suvda karbonat kislotali paydo bo'ladi. Erkin H_2SO_3 miqdori yer ustidagi suvlarda 10–30 mg/l, yer osti suvlarda esa 100 mg/l dan ortiq.

Karbonat kislotali ikkita bosqich orqali dissotsiatsiyalashadi:

Birinchi bosqichda gidrokarbonatlar hosil bo'ladi:



Karbonat kislotali ta'sirida karbonat jinslarining erishi hisobiga ham suvda gidrokarbonatlar hosil bo'lishi mumkin:



Gidrokarbonatlar — bu karbonat kislotalarining suvdagi eng keng tarqalgan shaklidir. Ular suvning ishqoriyliligini belgilaydi.

Karbonat kislotali ikkinchi bosqichda parchalanganda karbonat ionlari hosil bo'ladi:

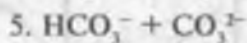
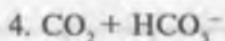
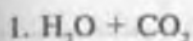


Ular faqat ishqoriy suvlarda mavjud ($\text{pH} > 8,4$).

Tabiiy suvlarda karbonat kislotalarining turli shakllari orasida muvozanat saqlanib turadi:



Lekin, karbonat kislotalarining hamma shakllari ham suvda saqlanib turmaydi. Barqaror shakllarga quyidagilar kiradi:



Qolgan sistemalar nobarqaror bo'lib, tezlik bilan barqaror sistemalarning biriga o'tadi:



Tabiiy suvlarning asosiy karbonat sistemasi erkin karbonat kislota bilan gidrokarbonatlardan tashkil topgan:



Bu sistema buferlik xususiyatlarga ega bo'lib, tabiiy suvlarning pH-ko'rsatkichini o'zgartirmasdan saqlab turadi.

Tabiiy suvlarning pH ko'rsatkichi karbonat kislotasining turli shakllarining miqdorini bir biriga nisbatiga bog'liq.

H_2CO_3 ning turli shakllarining pH ga bog'liqligi diagramma orqali ifodalanadi (26-rasm).

pH past bo'lganda ($\text{pH} < 4,2$) suvda faqat erkin karbonat kislotasi mavjud.

pH ko'tarilganda ($4,2 < \text{pH} < 8,3$) suvda erkin karbonat kislota bilan gidrokarbonatlar muvozanatda saqlanib turadi. pH oshib borishi bilan gidrokarbonatlar miqdori ortib boradi, erkin karbonat kislota esa kamayib boradi.

pH=8,3–8,4 bo'lganda suvda faqat gidrokarbonatlar bo'ladi (98%).

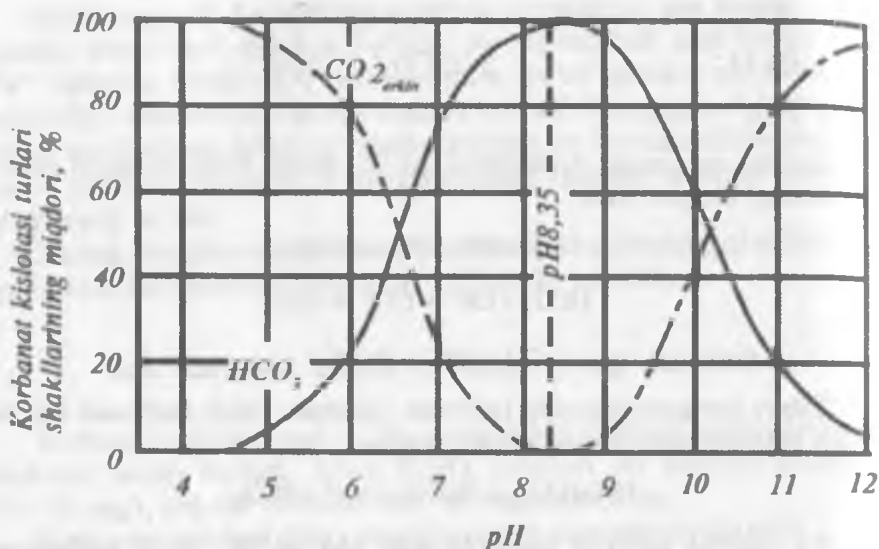
pH=8,4 – suvda karbonat ionlari paydo bo'lib, ular HCO_3^- ionlari bilan muvozanatda saqlanib turadi.

pH >12 – suvda karbonat ionlarining miqdori oshib ketadi.

Bu diagramma yordamida ma'lum pH da karbonat kislotasining turli shakllarining miqdorini hisoblab chiqarsa bo'ladi.

Muvozanat holatida suvda erkin karbonat kislotaning ma'lum miqdoriga ma'lum miqdordagi gidrokarbonatlar to'g'ri keladi. Bu kislota muvozanatli karbonat kislotasi deyiladi.

Agar erkin karbonat kislotaning miqdori muvozanat holatidan oshib ketssa, bu qo'shimcha kislota agressiv karbonat kislotasi deyiladi. Bunda



20-rasm. Karbonat kislotasining suvdagi shakllarining pH ko'rsatkichiga bog'liqligi.

kislotaning bir qismi kalsiy karbonat bilan reaksiyaga kirishib uni eritib yuboradi:



Le- shatele prinsipi bo'icha gidrokarbonatlar hosil bo'ladi.

Agar erkin karbonat kislotaning miqdori muvozanat holatidan kam bo'lsa gidrokarbonatlar parchalanib erkin kislota bilan karbonat ionlari hosil bo'ladi:



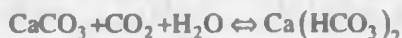
Karbonat ionlari Ca^{2+} bilan reaksiyaga kirishib suvda erimaydigan CaCO_3 birikmasini hosil qiladi.

Suvning barqarorligi

Agar suvda asosiy karbonatli muvozanat saqlanib tursa – suv barqaror deyiladi.

Bunday suvlar marmar, beton bilan kontaktga keltirilsa o'z tarkibini o'zgartirmaydi. Agar suvda muvozanat holatidan ortiqcha erkin karbonat

kislotali bo'lsa — suv agressiv deyiladi. Agressiv suvlar kalsiy karbonat, ohak, marmarni eritib yuboradi:



Agar suvda muvozanat holatidan ortiqcha gidrokarbonatlar bo'lsa, ya'ni ishqoriyliligi yuqori bo'lsa, suv nobarqaror deyiladi. Gidrokarbonatlar parchalanib Ca^{2+} , Mg^{2+} ionlari bilan reaksiyaga kirishib, suvda erimaydigan karbonatlarni hosil qiladi.

Suvdagi agressiv karbonat kislotani aniqlash uchun uning ishqoriyliligini kalsiy karbonat bilan kontaktidan avval va kontaktidan keyin solishtiriladi. Agar suvda agressiv karbonat kislotasi bo'lsa u CaCO_3 bilan reaksiyaga kirishib gidrokarbonatlarni hosil qiladi va suvning ishqoriyliligi oshib ketadi.

Suvning barqarorligini aniqlash uchun Lanjele usuli qo'llaniladi. Bunda suvning xossalari «to'yinish indeksi» yoki «Lanjele indeksi» yordamida baholanadi. Bu indeks tekshirilayotgan suvning pH ko'rsatkichi bilan Ca karbonat bilan to'yingan suvning pH ko'rsatkichini farqi orqali aniqlanadi:

$$I = \text{pH}_{\text{teksh}} - \text{pH}_{\text{CaCO}_3}$$

Agar Lanjele indeksi (+) bo'lsa, ya'ni $\text{pH}_{\text{teksh}} \geq \text{pH}_{\text{CaCO}_3}$ suv nobarqaror hisoblanadi. Agar I (–) belgili bo'lsa, ya'ni $\text{pH}_{\text{teksh}} \leq \text{pH}_{\text{CaCO}_3}$ suvning kislotaliligi yuqori bo'lib, u agressiv bo'ladi. Barqaror suvlarda $\text{pH}_{\text{teksh}} = \text{pH}_{\text{CaCO}_3}$. Lanjele indeksi nolga teng. Amaliyotda $I = \pm 0,25 \pm 0,3$ bo'lganda suvlar barqaror hisoblanadi.

Amaliyotda suvning barqarorligini baholash uchun barqarorlik ko'rsatkichi — C (C_{asosiy} va $C_{\text{yordamchi}}$) dan ham foydalaniladi.

Barqarorlikning asosiy ko'rsatkichi C_{asosiy} tekshirilayotgan suvning ishqoriyliligi (U_{teksh}) va kalsiy karbonat bilan to'yingan suvning ishqoriyliligi (U_{CaCO_3}) nisbati orqali aniqlanadi:

$$C_{\text{asosiy}} = U_{\text{teksh}} / U_{\text{CaCO}_3}$$

Barqarorlikning yordamchi ko'rsatkichi tekshirilayotgan suvning pH ko'rsatkichi (pH_{teksh}) va kalsiy karbonat bilan to'yintirilgan suvning pH — ko'rsatkichi ($\text{pH}_{\text{CaCO}_3}$) ning nisbati orqali aniqlanadi.

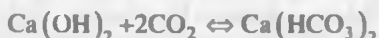
$$C_{\text{yul}} = \text{pH}_{\text{teksh}} / \text{pH}$$

Agar $C=1$ bo'lsa, ya'ni $\text{pH}_{\text{teksh}} = \text{pH}_{\text{CaCO}_3}$ suv barqaror hisoblanadi.

$C > 1$ bo'lsa, suv nobarqaror hisoblanadi ($\text{pH}_{\text{teksh}} > \text{pH}_{\text{CaCO}_3}$).

$C < 1$ bo'lsa, suv agressiv bo'ladi, ya'ni, $\text{pH}_{\text{teksh}} < \text{pH}_{\text{CaCO}_3}$.

Tarkibida agressiv karbonat kislota bo'lgan suvlarni barqarorlantirish uchun unga ishqoriyliligini oshiradigan moddalar bilan ishlov beriladi. Reagentlar sifatida ohak, Na gidroksidi va Na karbonati ishlatiladi. Bunda quyidagi reaksiyalar amalga oshadi:



Agressiv suvni barqarorlantirish uchun uni ohak yoki marmar qavatli filtrlardan o'tkaziladi.

Nobarqaror suvlarni barqarorlantirish uchun, ya'ni ishqoriyligini kamaytirish maqsadida ularga kislotalar (HCl , H_2SO_4) bilan ishlov beriladi yoki bunday suvlar uglerod dioksidi bilan to'yintiriladi (rekarbonizatsiya):



Ba'zi bir tozalagich inshootlarda marmar-qumli filtrlar qo'llanilib, ular suvni ham tiniqlashtiradi, ham barqarorlashtiradi.

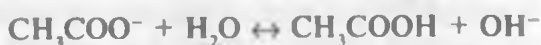
4.9. Tabiiy suv havzalaridagi gidroliz jarayonlari

Gidroliz jarayoni — bu moddaning suv bilan reaksiyaga kirishib suv ionlaridan bittasini yoki ikkitasini bog'lab olishi hisobiga suvda qiyin eruvchan yoki gaz holatidagi moddani hosil qilishidir.

Gidrolizlanadigan mineral moddalarning suv havzasiga kelib tushishi natijasida suvda yangi moddalar hosil bo'ladi va suvning sifati o'zgaradi. Shuning uchun ham, gidroliz jarayonlarini o'rganmasdan turib suv havzasiga oqova suvlar kelib tushishi natijasida uning sifatini o'zgarishini baholab bo'lmaydi.

Amaliyotda ko'pincha tuzlarning gidrolizi uchraydi. Tuzlar gidrolizi deganda tuz ionlarining suv ionlari bilan reaksiyasi tushuniladi. Bunda suv ionlarining miqdori o'zgarib, suvning pH ko'rsatkichi o'zgaradi. Tuzlarning gidrolizi ularni hosil qilgan kislota va ishqorlarning kuchiga bog'liq:

1. Kuchsiz kislota va kuchli ishqordan hosil bo'lgan tuz. Masalan, natriy atsetati tuzi — CH_3COONa suv bilan quyidagicha reaksiyaga kirishadi:



Natriy atsetat tuzining dissotsiatsiyasi natijasida Na^+ va CH_3COO^- ionlari hosil bo'ladi. Na^+ ionlari OH^- ionlari bilan birikmaydi chunki, NaOH kuchli asos. H^+ ionlarining bir qismi esa CH_3COO^- ionlari bilan bog'lanadi, natijada OH^- ionlarining miqdori H^+ ionlarga nisbatan ko'proq bo'ladi va suvning muhiti ishqoriy bo'ladi ($\text{pH} > 7$).

Gidrolizning umumiy reaksiyasi:



Gidroliz konstantasi:

$$K_{\text{gdr}} = \frac{[\text{OH}^-][\text{HA}]}{[\text{A}^-]}$$

Gidroliz konstantasini suvning ionli ko'paytmasini va kislota ning dissotsiatsiya konstantasi orqali ifodalash mumkin (H^+ ga ko'paytirsan):

$$K_{\text{gdr}} \cdot \frac{[\text{OH}^-][\text{HA}][\text{H}^+]}{[\text{A}^-][\text{H}^+]} = [\text{H}^+][\text{OH}^-] \frac{[\text{HA}]}{[\text{A}^-][\text{H}^+]} = \frac{K_{\text{gdr}}}{K_{\text{kit}}}$$

$$K_{\text{gdr}} = [\text{H}^+][\text{OH}^-], \quad K_{\text{kit}} = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$

Hosil bo'lgan tuzning critmasini aniqlaymiz.

Gidroliz tenglamasi bo'yicha $[H^+][OH^-]$. Demak, gidroliz konstantasi quyidagicha:

$$K_{gdr.} = \frac{K_s}{K_{ks}} = \frac{[OH^-]^2}{C}$$

$C = [A^-]$ — tuzning miqdori.

Bundan: $[OH^-] = \sqrt{\frac{K_s}{K_{ks}} \cdot C}$,

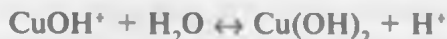
$$[H^+] = \frac{K_s}{[OH^-]} = \frac{K_s}{\sqrt{\frac{K_s}{K_{ks}} \cdot C}} = \sqrt{\frac{K_s \cdot K_{ks}}{C}}$$

Suv havzasinig pH ko'rsatkichi quyidagi formula buyicha aniqlanadi:

$$pH = 7 + \frac{1}{2}pK_{ks} + \frac{1}{2}\lg C$$

$$pK_{ks} = -\lg K_{ks}$$

2. Kuchli kislota va kuchsiz asosdan hosil bo'lgan tuz. Masalan, $CuCl_2$



$CuOH^+$ ionlari suvda qiyin eriydi. H^+ ionlari Cl^- ionlari bilan bog'lanmaydi, chunki, HCl kuchli kislota. Demak, suvda H^+ ionlari to'planib boradi va muhit kislotali bo'ladi ($pH < 7$).

Gidrolizning umumiy reaksiyasi:



Muhitning pH ko'rsatkichi quyidagi formula orqali topiladi:

$$pH = 7 - \frac{1}{2}pK_{asos} - \frac{1}{2}\lg C$$

$$pH_{asos} = -\lg K_{asos}$$

3. Kuchsiz kislota va kuchsiz asosdan hosil bo'lgan tuz:



Bunday tuzlarning gidrolizi natijasida kuchsiz kislota bilan kuchsiz asos hosil bo'ladi:

$$K_{gidr} = \frac{[MOH] \cdot [HA]}{[M^+] \cdot [A^-]} = \frac{K_s}{K_{asot} \cdot K_{asot}}$$

Bunday tuzlar to'liq gidrolizlanadi. Eritmaning muhiti hosil bo'layotgan kislota va asosning kuchiga bog'liq hamda neytral muhitga yaqin bo'ladi. Bunda pH-ko'rsatkichi ikkita formula orqali hisoblanib, muhit ko'rsatkichi baholanadi.

Masalan, Al_2S_3 tuzining gidrolizi erkin gidrooksid va erkin kislota hosil bo'lguncha davom etadi:



4. Kuchli kislota va kuchli asosdan hosil bo'lgan tuzlar gidrolizga uchramaydi ($NaCl$, Na_2SO_4 va hokazo). Bunday tuzlarning eritmalarning pH-ko'rsatkichi doimo neytralga yaqin bo'ladi.

Keltirilgan misollardan kelib chiqadiki, gidroliz jarayonlari natijasida suv havzasining sifati keskin o'zgarishi mumkin ekan. Masalan, Na_2S yoki NH_4Cl tuzlarining gidrolizi natijasida uchuvchan moddalar, ya'ni NH_3 , H_2S gazlari hosil bo'lishi mumkin. $CuCl_2$ tuzlari gidrolizi natijasida esa erimaydigan modda — mis gidrooksid $Cu(OH)_2$ hosil bo'ladi.

Agar gidroliz natijasida suvdan uchib chiqib ketadigan yoki erimaydigan modda hosil bo'lsa tuz to'liq gidrolizlanadi.

Gidroliz jarayoni tezligiga va to'liq o'tishiga muhitning pH ko'rsatkichi ta'sir ko'rsatadi. Masalan, kuchli kislota va kuchsiz asosdan hosil bo'lgan tuzlarning gidrolizi pH ko'rsatkichi yuqori bo'lganda faol ketadi, chunki, suvdagi OH^- ionlari hosil bo'lgan H^+ ionlarini bog'lab oladi va H_2O hosil bo'ladi.

Kuchsiz kislota va kuchli asoslardan hosil bo'lgan tuzlar past pH da gidrolizlanadi. Bunda suvdagi H^+ ionlar hosil bo'lgan OH^- ionlarini bog'lab oladi va gidroliz tezlashadi.

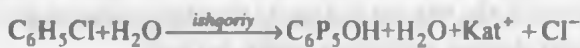
Oqova suvlar bilan suv havzaga kelib tushgan moddalarning gidrolizi natijasida suvning sifatini baholash uchun uning pH ko'rsatkichini hisobga olish shart.

Masalan, yoz faslida (suv gullaganda) suvning pH kursatkichi 9 gacha ko'tarilishi mumkin. Demak, kuchli kislota va kuchsiz asosdan hosil bo'lgan tuzlar faol gidrolizlanadi. Suvning sifatini baholash uchun gidroliz mahsulotlarining keyingi o'zgarishlarini hisobga olish kerak. Masalan, ammoniy tuzlari gidrolizlanishi natijasida NH_4OH hosil bo'ladi.

Lekin, uning bir qismi NH_3 holatida suvdan uchib chiqib ketadi. Demak, NH_4OH miqdori kamayadi. NH_4^+ ionlarining bir qismi esa nitrit va nitratlarga oksidlanadi. Bunda oksidlash jarayoniga sarflangan kislorodning miqdorini ham hisobga olish kerak:



Organik moddalar ham gidrolizlanishi mumkin. Bunda ham suvning pH ko'rsatkichi muhim ahamiyatga ega. Masalan, pH 7 dan baland katta biokimyoviy parchalanmaydigan (KBE=0) barqaror modda – xlorbenzol gidrolizlanib fenol hosil qiladi:



Bunda biokimyoviy parchalanishi mumkin bo'lgan modda hosil bo'lib suv xavzasi tozalanadi.

Demak, gidroliz natijasida uchadigan yoki erimaydigan mahsulotlar hosil bo'lishi hisobiga suv havza tozalanishi mumkin. Lekin bunda ikkilamchi ifloslanishni ham hisobga olish kerak. Masalan, mis xloridi tuzining gidrolizida cho'kmaga tushgan mis gidroksidi – $\text{Cu}(\text{OH})_2$ o'ta zaharli modda bo'lib, suv tubidagi bentosni ifloslantiradi va undagi yashaydigan tirik organizmlarga zarar yetkazadi.

4.10. Tabiiy suv havzalarining buferlik xususiyatlari

Kuchsiz kislota va shu kislota tuzlarining aralashmasi yoki kuchsiz asos bilan shu asosning tuzi aralashmasi bufer sistemasi deyiladi.

Tabiiy suv tarkibida doimo kuchsiz karbonat kislota va uning tuzlari bo'lganligi sababli u bufer sistemalari qatoriga kiradi. Bufer critmalarning asosiy xususiyati shundaki, ularga ma'lum miqdorda kuchli kislota yoki kuchli ishqor qo'shilganda ularning pH ko'rsatkichi o'zgarmaydi.

Ko'pgina oqova suvlar ham buferlik hususiyatlarga ega bo'lganligi uchun ular tabiiy suv havzaga kelib tushganda suv havzasining pH ko'rsatkichi o'zgarmaydi. Shuning uchun ham, ko'p sanoat korxonalari oqova suvlarini tozalamasdan, ya'ni kislotali va ishqoriy suvlarini neytrallashtirib suv havzalarga oqizib yuboradi.

Bufer eritmalarining asosiy turlari

1. Kuchsiz kislota va uning tuzi aralashmasi, masalan:

CH_3COOH va CH_3COONa – atsetat eritmasi

H_2CO_3 va Na HCO_3 – karbonat eritmasi

2. Kuchsiz asos va uning tuzi aralashmasi:

NH_4OH va NH_4Cl – ammoniy eritmasi

3. Ikki nordon tuz aralashmasidan tashkil topgan eritma:

NaH_2PO_4 va NaH PO_4 – fosfat eritmasi

4. Nordon va o'rta tuz aralashmasi

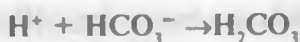
NaHCO_3 va Na_2CO_3 – karbonat eritmasi

Bufer sistemasiga kuchli kislota yoki kuchli ishqor kelib tushganda ularning tarkibidagi H^+ yoki OH^- ionlari bufer eritmaning komponentlari bilan bog'lanadi va natijada suvning pH ko'rsatkichi o'zgarmaydi.

Bunday jarayonni karbonat bufer sistemasi misolida ko'rib chiqamiz. Karbonat bufer eritmasi kuchsiz karbonat kislotasi H_2CO_3 va Na HCO_3 tuzidan tashkil topgan bo'lib, uning dissotsiatsiyasi natijasida quyidagi ionlar hosil bo'ladi:



Agar bu eritmaga kuchli kislota qo'shilsa, uning tarkibidagi H^+ ionlari suvdagi hosil bo'lgan HSO_3^- ionlari bilan bog'lanib karbonat kislotasi hosil bo'ladi:



Reaksiya natijasida suvning pH ko'rsatkichi o'zgarmaydi.

Agar bunday eritmaga kuchli ishqor qo'shilsa, uning tarkibidagi OH^- ionlari suvdagi hosil bo'lgan H^+ ionlari bilan reaksiyaga kirishib suv hosil qiladi, natijada suvning pH ko'rsatkichi o'zgarmaydi:



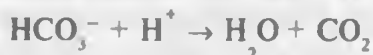
Bufer eritmalarning asosiy ko'rsatkichi — bu buferlik sig'imidir. Buferlik sig'im — bu 1 litr bufer eritmasining pH ko'rsatkichining 1 ga o'zgartirish uchun kerakli bo'lgan kislota va ishqorning miqdoridir (g/ekv).

Kislotali-ishqoriy oqova suvlar tabiiy suv havzaga kelib tushganda karbonatli bufer eritmasi bilan reaksiyaga kirishadi va natijada suv havzaning pH ko'rsatkichi o'zgarmaydi.

4.11. Tabiiy suv havzalarining nordonlanishi

Oxirgi vaqtda, ayniqsa bahor faslida, kislotali yomg'irlar yog'ishi va buning natijasida vodorod ionlarining miqdorining ortishi hisobiga yer yuzasidagi suv havzalarida sezilarli o'zgarishlar kuzatilmoqda. Suv havzalarining nordonlanish jarayoni bir necha bosqichda amalga oshadi:

1. Birinchi bosqichda kislotali suvlar kelib tushsa ham, suv havzaning pH ko'rsatkichi o'zgarmaydi. Suv havzalardagi bikarbonat ionlari kelib tushayotgan H^+ ionlarining hammasini neytrallaydi:



Bu jarayon suv havzaning ishqoriyligi 10 barobar kamayguncha davom etadi. Bu bosqichda suv havzaga katta miqdorda nordon suvlar kelib tushganda (kuzda yomg'ir yog'ganda, bahorda qor eriganda) havzaning pH ko'rsatkichi o'zgarib turadi. Lekin yomg'irlar to'xtashi bilan pH ko'tariladi va suv havzasi avvalgi holatiga keladi. Bu davr ba'zi suvdagi organizmlarning ko'payishi vaqtiga to'g'ri keladi va ularning reproduksion funksiyasini buzib yuboradi.

2. Ikkinchi bosqichda suv havzaning pH ko'rsatkichi yil davomida 5,5 dan ko'tarilmaydi. Bunday suv havzalar o'rta nordonlashgan hisoblanadi. Bu bosqichda tirik organizmlarda sezilarli o'zgarishlar sodir bo'ladi.

3. Uchinchi bosqichda suv havzaning pH ko'rsatkichi 5 dan yuqori ko'tarilmaydi $\text{pH} < 5$ (ko'pincha $\text{pH}=4,5$). Atmosfera yomg'irlarining pH ko'rsatkichi baland bo'lsa ham suv havzaning pH ko'rsatkichi bir

xil bo'lib saqlanib turadi. Bunday holat suv havzadagi va tuproqlardagi gumus moddalari va aluminiy birikmalariga bog'liq. Ular eriganda yoki cho'kmaga tushganda vodorod ionlarini ajratib chiqarishi yoki bog'lashi mumkin.

Suv havzalardagi aluminiy birikmalari. Aluminiy ionlari o'ta zaharli bo'lib suvdagi tirik organizmlarga zararli ta'sir ko'rsatishi mumkin. Tuproqlar tarkibidagi aluminiy birikmalaridan asosiysi — bu gibbsit birikmasidir — $\text{Al}(\text{OH})_3$.

Gibbsit suvda erishi natijasida eritmada quyidagi ionlar hosil bo'ladi: Al^{3+} , $\text{Al}(\text{OH})_2^+$, $\text{Al}(\text{OH})_4^-$. Bu ionlarning har biri ma'lum pH intervalida hosil bo'ladi:

$\text{pH} \leq 4,5$ bo'lganda eritmada asosan Al^{3+} hosil bo'ladi:



Bu jarayonning muvozanat konstantasi:

$$K_{\text{Al}^{3+}} = A_{\text{Al}^{3+}} / A_{\text{H}^+}^3$$

$\text{pH}=5-6$ bo'lganda eritmada $\text{Al}(\text{OH})_2^+$ ionlari asosiy hisoblanadi va gibbsitning erishi quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:



Muvozanat konstantasi:

$$K_{\text{Al}(\text{OH})_2^+} = A_{\text{Al}(\text{OH})_2^+} / A_{\text{H}^+}$$

$\text{pH}>7$ bo'lganda suvdagi asosiy ionlar — $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ bo'ladi va erish jarayoni tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega:



Muvozanat konstantasi:

$$K_{\text{Al}(\text{OH})_4^-} = A_{\text{Al}(\text{OH})_4^-} \cdot A_{\text{H}^+}$$

Erigan aluminiyning umumiy faolligi asosiy ionlarning faolligining umumiy qiymatiga teng:

$$(A_{\text{Al}})_{\text{um}} = A_{\text{Al}^{3+}} + A_{\text{Al}(\text{OH})_2^+} + A_{\text{Al}(\text{OH})_4^-}$$

Ionlarning faolligini tegishli konstantalar va vodorod ionlarining faolligi bilan bog'laganda quyidagi tenglama kelib chiqadi:

$$(A_{Al})_{um} = K_{Al^{3+}} \cdot (A_{H^+}^3) + K_{Al(OH)^{2+}} \cdot (A_{H^+}) + K_{Al(OH)_4^-} \cdot (A_{H^+})^{-1}$$

Tabiiy chuchuk suv havzalar suyultirilgan eritma bo'lgani uchun Al^{3+} ionlarining faolligini 1 ga teng deb hisoblasa bo'ladi. Bunday holda $pH=6$ bo'lganda eritmadagi Al^{3+} ionlarning miqdori $1,4 \cdot 10^{-4}$ mg/l-ga teng. $pH=5$ bo'lganda Al^{3+} miqdori 1000 barobar oshadi va 0,14 mg/l ga teng bo'ladi.

$pH=4$ dan past bo'lganda eritmadagi Al^{3+} ionlarning miqdori 140 mg/l ga teng bo'ladi. Suv havzalarda Al^{3+} miqdori oshib ketga u baliqlar organizmida erimaydigan birikmalarni hosil qilib, ularni nobud bo'lishiga olib keladi.

O'ta zaharli bo'lgan aluminiy ionlaridan tashqari, suv havzasidagi tirik organizmlarning nobud bo'lishi boshqa sabablarga ham bog'liqdir. Vodorod ionlarining ta'sirida suvga kadmiy, ruh, qo'rg'oshin, marganes, hamda boshqa zaharli og'ir metallar ajralib chiqishi mumkin. Shu bilan birga suvdagi o'simlik asosidagi ozuqa moddalari, masalan, fosfor kamayib ketadi, chunki aluminiy ioni ortofosfat ioni bilan erimaydigan aluminiy fosfatini hosil qiladi va cho'kmaga tushadi:

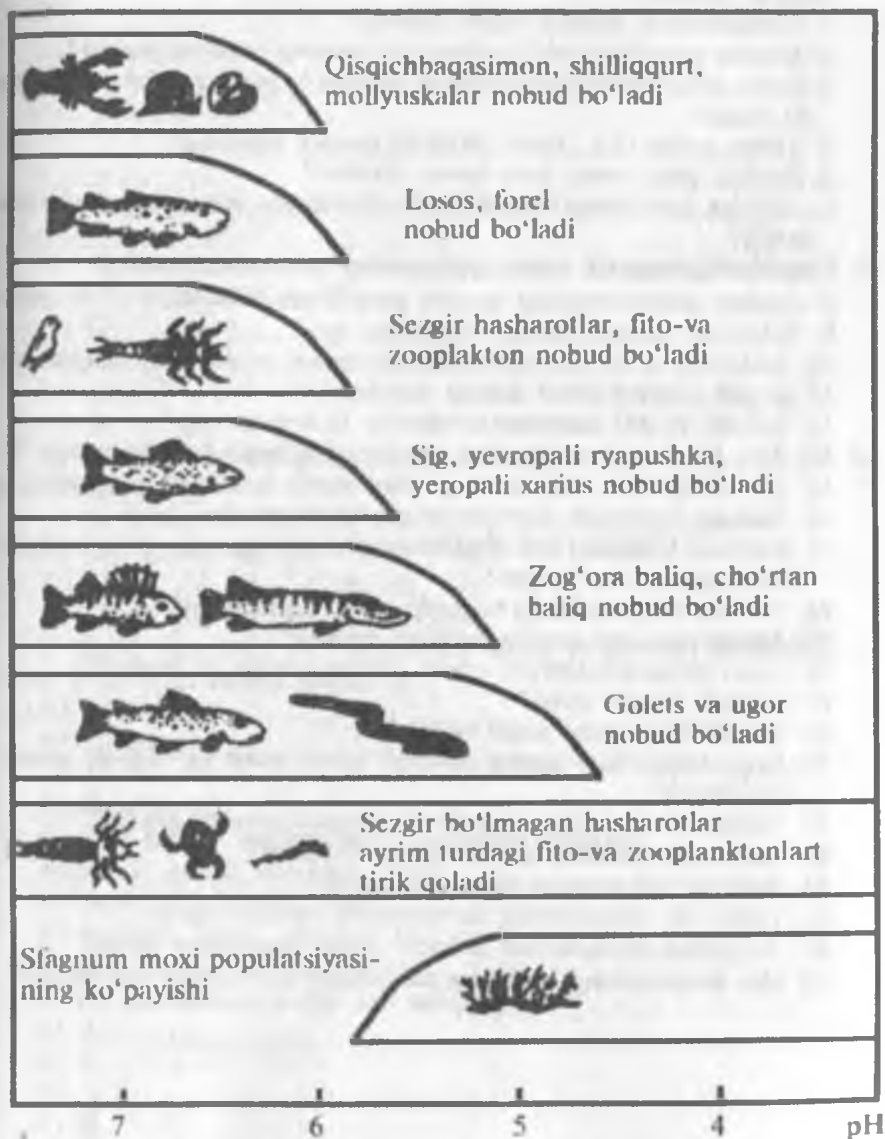


Turli xil organizmlarning pH o'zgarishiga sezgirligi sxemada ko'rsatilgan (27-rasm).

Shunday qilib, suv havzalarining nordonlanishi natijasida suvdagi flora va faunaga katta zarar yetkaziladi. Suvdagi o'simliklar muhit ko'rsatkichi $pH=7-9,2$ oralig'ida yaxshi rivojlanadi. Suvning kislotaliligi ortishi bilan o'simliklar nobud bo'la boshlaydi va suv havzasidagi boshqa hayvonotlarga ozuqa yetishmay qoladi.

Muhit ko'rsatkichi $pH=6$ bo'lganda chuchuk suvda yashaydigan organizmlar, masalan, krevetkalar nobud bo'ladi. $pH=5,5$ bo'lganda suv tubida yashaydigan va organik qoldiqlarni parchalaydigan bakteriyalar nobud bo'lib, organik chiqindilar suv tubida to'planib boradi.

Bundan keyin o'lchami juda kichik bo'lgan va bakteriyalar tomonidan parchalangan organik moddalarni iste'mol qiladigan hayvonotlar, ya'ni zooplankton nobud bo'ladi. Kislotalilik darajasi $pH=4,5$ bo'lganda ko'pgina baliqlar, qisqichbaqalar va hasharotlar navbat bo'ladi. Bunday muhitda faqatgina ayrim hasharotlar, ma'lum turdagi fito va zooplankton hamda oq mox populatsiyasi hayot kechirishi mumkin.



27-rasm. Chuchuk suv havzalardagi organizmlarning hayot faoliyatiga pH ko'rsatkichining ta'siri.

Nazorat savollari

1. *Gidrosferaning umumiy hajmi qanday?*
2. *Suvning gidrologik sikli bo'limlarida suvning miqdori qancha?*
3. *Tabiiy suvlar tarkibidagi tuzlarning miqdori bo'yicha qanday guruhlarga bo'linadi?*
4. *Tabiiy suvlar O.A. Alekin bo'yicha qanday sinflanadi?*
5. *Suvdagi qaysi ionlar bosh ionlar deyiladi?*
6. *Suvning tarkibidagi erigan gazlar va biogen moddalarga nimalar kiradi?*
7. *Suvlardagi organik moddalarga qanday moddalar kiradi?*
8. *Suvdagi mikroelementlar qanday guruhlarga bo'linadi?*
9. *Tabiiy suv qanday anomal xossalarga ega?*
10. *Suvlarning pe ko'rsatkichi nimani ko'rsatadi va u qanday aniqlanadi?*
11. *pe-pH diagrammalari nimani ifodalaydi?*
12. *Suvning pe-pH diagrammasi qanday ko'rinishga ega?*
12. *Suvlardagi temir birikmalari qanday shakllarda bo'lishi mumkin?*
13. *Suvlardagi azot birikmalari qanday asosiy holatlarda uchraydi?*
14. *Suvning karbonatli muvozanati qanday ko'rinishga ega?*
15. *Karbonat kislotasini turli shakllarining miqdori suvning pH ko'rsatkichi bilan qanday bog'langan?*
16. *Suvning barqarorlik ko'rsatkichi qanday aniqlanadi?*
17. *Agressiv suv deb qanday suvlarga aytiladi?*
18. *Suvni barqarorlashtirish uchun qanday usullar qo'llaniladi?*
19. *Gidroliz jaryoni nima?*
20. *Gidrolizning necha turini bilasiz?*
21. *Suvga tushayotgan tuzning tarkibiga qarab muhit ko'rsatkichi qanday aniqlanadi?*
22. *Tabiiy suv havzalarining buferlik xossalari nimaga bog'liq?*
23. *Bufer eritmalarining qanday turlarini bilasiz?*
24. *Bufer sig'imi deganda nima tushuniladi?*
25. *Tabiiy suv havzalarining nordonlanishi nimaga bog'liq?*
26. *Suvlarning nordonlanish jarayoni necha bosqichdan iborat?*
27. *Suv havzalarining nordonlanishi qanday oqibatlarga olib keladi?*

TEST SAVOLLARI

1. Qaysi element yer qatlamining asosiy elementi hisoblanadi va uning 47% ini tashkil qiladi?

- A) O;
- B) Fe;
- D) Al;
- F) Si.

2. Quyidagi elementlarning qaysi birlari yer qatlamining 95,5% ini tashkil qiladi?

- A) O, Al, K, Na, Si, Fe, P, Zn, Cu;
- B) O, Si, Al, Ag, Ni, Fe, K, Na, S.
- D) O, Si, Al, Fe, Ca, K, Na, Mg, Ti;
- E) Si, O, Al, Fe, Au, Ca, Na, Mg, K.

3. Qaysi elementlar yer qatlamining asosiy elementlari hisoblanadi va uning 84,55% ni tashkil qilad?

- A) Fe, Al, Ti;
- B) O, Al, Fe;
- D) O, Si, Al;
- F) Fe, Ca, Al.

4. Yer qatlami qanday guruh jinslardan tuzilgan?

- A) bazalt, granit, cho'kma jinslar;
- B) bazalt, dala shpati, granit;
- D) kaolinit, granit, cho'kma jinslar;
- F) dala shpati, kaolinit, bazalt.

5. Yer qatlamining necha turi mavjud?

- A) 4;
- B) 3;
- D) 2;
- F) 1.

6. Qaysi jarayonlar fizik-kimyoviy migratsiya turiga kiradi?

- A) tirik organizmdagi jarayonlar;
- B) moddalarni sel bilan ko'chishi;
- D) erish, cho'kish, diffuziya;
- F) moddalarni neft va gaz quvurlari orqali uzatish.

7. Qaysi jarayon biogen migratsiya turiga kiradi?

- A) foydali qazilmalarni qazib olish va ishlov berish;
- B) tirik organizmdagi jarayonlar;
- D) moddalarni neft va gaz quvurlari orqali uzatish;
- F) diffuziya, erish, sorbsiya.

8. Qaysi jarayon texnogen migratsiya turiga kiradi?

- A) moddaning sel bilan ko'chishi;
- B) moddaning tirik organizmlarda harakat qilishi;
- D) moddalarning gaz va neft quvurlaridan uzatish, foydali qazilmalarni

qazib olish;

- E) sorbsiya, cho'kish, diffuziya.

9. Diffuziya, erish, sorbsiya jarayonlari migratsiyaning qaysi turiga kiradi?

- A) mexanik;
- B) fizik-kimyoviy;
- D) texnogen;
- E) biogen.

10. Foydali qazilmalarni qazib olish va ishlov berish qaysi tur migratsiyaga kiradi?

- A) mexanik;
- B) biogen;
- D) texnogen;
- E) fizik-kimyoviy.

11. Moddalarni sel bilan ko'chishi migratsiyaning qaysi turiga kiradi?

- A) fizik-kimyoviy;
- B) biogen;
- D) texnogen;
- E) mexanik.

12. Atrof-muhitdagi geokimyoviy to'siqlarning necha turini bilasiz?

- A) 5;
- B) 4;
- D) 6;
- E) 2.

13. Qaytaruvchi muhit oksidlantiruvchi muhitga almashganda qanday gerkimyoviy to'siq hosil bo'ladi?

- A) texnogen;
- B) biogeokimyoviy;
- D) mexanik;
- E) fizik-kimyoviy.

14. Atmosferada biosferaning chegarasi qanday?

- A) 25—30 km;
- B) 10—15 km;

D) 30–50 km;

E) 5–10 km.

15. Gidrosferada biosferaning chegarasi qanday?

A) 3–4 km;

B) 20–30 km;

D) 30–40 km;

E) 10–11 km.

16. Litosferada biosferaning chegarasi qanday?

A) 10–12 km;

B) 3–4 km;

D) 1–2 km;

E) 5–10 km.

17. Tog' jinslari qaysi guruh moddalarga kiradi?

A) biogen modda;

B) kos modda;

D) tirik modda;

E) biokos modda.

18. Tuproq va suv havzalari qaysi guruh moddalarga kiradi?

A) biogen modda;

B) tirik modda;

D) biokos modda;

E) kos modda.

19. Tirik moddaning qaysi funksiyasi gazli funksiyalarga kiradi?

A) serovodorodli, uglevodorodli;

B) kislorodli, karbonat angidrid, azot funksiyasi;

D) kislorodli vodorod sulfid funksiyasi;

E) konsentratsion, azot funksiyasi.

20. Elementning atom nomeri nimani bildiradi?

A) proton va elektronlarning umumiy soni;

B) neytronlar soni;

D) yadrodagi protonlar soni;

E) proton va neytronlarning soni.

21. Atomning massa soni nimani bildiradi?

A) protonlar massasi;

B) elektronlar massasi;

D) neytron va elektronlar massasi;

E) proton va neytronlar massasi.

22. Qaysi elementlar izotoplar deyiladi?

A) atom massasi bir xil, kimyoviy xossalari har xil bo'lgan elementlar;

B) atom massasi har xil, kimyoviy xossalari bir xil bo'lgan elementlar;

D) atom massasi har xil, kimyoviy xossalari bir xil bo'lgan elementlar;

E) atom massasi bir xil, kimyoviy xossalari bir xil bo'lgan elementlar.

E) $\left(-\frac{dT}{dZ}\right)_{\text{atr.muh}} \ll \Gamma;$

36. Qaysi holatda atmosfera «befarq» deb ataladi?

A) $\left(-\frac{dT}{dZ}\right)_{\text{atr.muh}} > \Gamma;$

B) $\left(-\frac{dT}{dZ}\right)_{\text{atr.muh}} \gg \Gamma;$

D) $\left(-\frac{dT}{dZ}\right)_{\text{atr.muh}} > \Gamma;$

E) $\left(-\frac{dT}{dZ}\right)_{\text{atr.muh}} \approx \Gamma.$

38. Qaysi holatda atmosfera kuchli barqaror hisoblanadi?

A) $\left(-\frac{dT}{dZ}\right)_{\text{atr.muh}} > \Gamma;$

B) $\left(-\frac{dT}{dZ}\right)_{\text{atr.muh}} \gg \Gamma;$

D) $\left(-\frac{dT}{dZ}\right)_{\text{atr.muh}} > \Gamma;$

E) $\left(-\frac{dT}{dZ}\right)_{\text{atr.muh}} \approx \Gamma$

39. Atmosferadagi qanday sharoit «temperatura inversiyasi» deb ataladi?

A) havoning yuqoridagi va pastki qavatlar temperaturasi bir xil;

B) havoning yuqori qavatlar pastki qavatlaridan sovuq;

D) balandlik bo'yicha temperatura pasayib boradi;

E) havoning yuqori qavatlar pastki qavatlaridan issiq.

40. Atmosferaning qanday holatida ifloslantiruvchi moddalar havoda yaxshi tarqaladi?

A) atmosfera befarq;

B) atmosfera nobarqaror;

D) atmosferaning barqarorligi kuchli;

E) temperaturali inversiya.

41. Atmosferaning qaysi holatida ifloslantiruvchi moddalar yer yuzasiga to'planib boradi?

- A) atmosfera befarq;
- B) atmosfera kuchsiz barqaror;
- D) atmosfera nobarqaror;
- E) atmosfera kuchli barqaror.

42. Troposferada temperaturaning balandlik bo'yicha pasayishi nimaga bog'liq?

- A) suv bug'lari miqdorining ko'payib borishiga;
- B) suv bug'lari miqdorining kamayib borishiga;
- D) NO_2 miqdorining kamayishiga;
- E) CO_2 miqdorining kamayishiga.

43. Stratosferada havoning qizib ketishi nimaga bog'liq?

- A) NO_2 miqdorining ko'payishiga;
- B) Suv bug'lari miqdorining ko'payishiga;
- D) SO_2 miqdorining ko'payishiga;
- E) O_3 miqdorining ko'payishiga.

44. Troposferada ifloslantiruvchilar ko'pincha qaysi reaksiyaga kirishadi?

- A) gidroliz;
- B) qaytarilish;
- D) oksidlanish;
- E) neytrallash.

45. Atmosferadagi oksidlanish jarayonlarida qaysi zarralar asosiy rolni o'ynaydi?

- A) O_2 ;
- B) O_3 ;
- D) OH , HO_2 ;
- E) H_2O_2 .

46. Temperaturali inversiyaning necha turi mavjud?

- A) 4;
- B) 1;
- D) 3;
- E) 2.

47. Qaysi moddalar ozon qatlamini parchalanishiga olib keladi?

- A) NO_2 , SO_2 , HO^- ;
- B) NO , $\text{C}_2\text{F}_2\text{Cl}$, H_2S ;
- D) NO , SO_2 , Cl ;
- E) HO^- , NO , $\text{C}_2\text{F}_2\text{Cl}$.

48. Qaysi ifloslantiruvchilar «parnik effekti» hosil bo'lishiga olib keladi?

- A) azot oksidlari;
- B) freonlar;

- D) SO_2 ;
E) CO_2 .

49. Qaysi ifloslantiruvchilar «kislotali yomg'irlar»ni hosil bo'lishiga olib keladi?

- A) avtotransport chiqindilari;
B) CO_2 , NO_x , chiqindilari;
D) CO_2 , CO chiqindilari;
E) freonlar.

50. Qaysi ifloslantiruvchilar iqlimni sovushiga olib keladi?

- A) CH_4
B) SO_2 ,
D) CO_2 ,
E) CF_3Cl_x .

51. Qaysi ifloslantiruvchilar «ozon o'pqoni»ni hosil bo'lishiga olib keladi?

- A) CF_3Cl_x ;
B) CH_4 ;
D) NO ;
E) HO_2 .

52. Qaysi radikal troposfera sharoitida eng yuqori reaksiya qobiliyatiga ega?

- A) CH_3 ;
B) HCO ;
D) OH ;
E) HO_2 .

53. Qaysi ionlar inosferada asosiy ion hisoblanadi?

- A) N^+ , O^+ , H^+ ;
B) O^+ , He^+ , NO^+ ;
D) O_2^+ , N^+ , H^+ ;
E) O^+ , N_2^+ , O_2^+ .

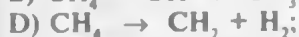
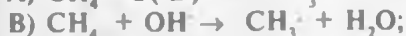
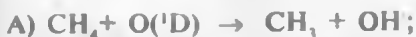
54. Qaysi reaksiya bo'yicha, stratosferada OH^- radikali hosil bo'ladi?

- A) $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{OH} + \text{H}^+$;
B) $\text{HNO}_2 \rightarrow \text{NO} + \text{OH}^+$;
D) $\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{OH}$;
E) $\text{HNO}_3 \rightarrow \text{NO}_2 + \text{OH}$.

55. Troposferada metan gazaning parchalanishi qaysi reaksiyadan boshlanadi?

- A) $\text{O} \rightarrow \text{CH}_4 + \text{CH}_3 + \text{OH}$;
B) $\text{CH}_4 \rightarrow \text{OH} + \text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O}$;
D) $\text{CH}_4 \rightarrow \text{CH}_3 + \text{H}$;
E) $\text{CH}_4 \rightarrow \text{CH}_2 + \text{H}_2$.

56. Stratosferada metan qaysi reaksiyaga uchraydi?



57. Qaysi modda metan gazining troposferadagi oksidlanishining oxirgi mahsuloti hisoblanadi?



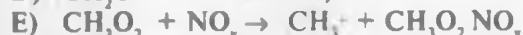
58. Metan gomologlarining atmosferada oksidlanishining oxirgi mahsulotlari qanday?



59. To'yinmagan uglevodorodlarning oksidlanishi natijasida atmosferada qanday moddalar hosil bo'ladi?



60. Metan gazining oksidlanishi jarayoniga qanday qo'shimcha reaksiyalar amalga oshadi?



61. To'yingan uglevodorodlarning atmosferadagi kimyoviy o'zgarishlari natijasida qaysi jarayon yuz beradi?



62. Antropogen manbalardan atmosferaga oltingugurt qaysi shaklda kelib tushadi?



63. Atmosferaga tabiiy manbalardan oltingugurt qanday shaklda kelib tushadi?

- A) H_2SO_4 ;
- B) SO_3 ;
- D) SO_2 ;
- E) H_2S .

64. Oltingugurt birikmalari atmosferada qaysi yo'nalish bo'yicha o'zgaradi?

- A) $\text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{SO}_3 \rightarrow \text{SO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$;
- B) $\text{SO}_2 \rightarrow \text{MeSO}_4 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{SO}_3$;
- D) $\text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{SO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MeSO}_4$;
- E) $\text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{SO}_3 \rightarrow \text{MeSO}_4 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$.

65. Oltingugurt atmosferaga ifloslantiruvchi manbadan qanday holatda kelib tushadi?

- A) SO_2 ;
- B) H_2SO_3 ;
- D) H_2SO_4 ;
- E) MeSO_4 .

66. Ifloslantiruvchi manbadan 300 km atrofda oltingugurt qanday birikma shaklida bo'ladi?

- A) SO_2 ;
- B) H_2S ;
- D) H_2SO_4 ;
- E) MeSO_4 .

67. Ifloslantiruvchi manbadan 1500 km atrofida oltingugurt qaysi birikma shaklida bo'ladi?

- A) SO_2 ;
- B) H_2S ;
- D) H_2SO_4 ;
- E) MeSO_4 .

68. Tashlanish vaqtida 10 soatdan keyin oltingugurt qaysi shaklga o'tadi?

- A) SO_2 ;
- B) H_2S ;
- D) MeSO_4 ;
- E) H_2SO_4 .

69. Azot birikmalari atmosferaga antropogen manbalardan qaysi birikma shaklida kelib tushadi?

- A) NO , NO_2 ;
- B) NHO_3 , HNO_3 ;
- D) NHO_3 , NO_2 ;
- E) HNO_3 .

70. Atmosferaga tabiiy manbalardan azot qaysi birikma shaklida kelib tushadi?

- A) NO , NO_2 ;

- B) NH_3 ;
- D) NH_4NO_3 ;
- E) HNO_3 .

71. Azot oksidlaridan qaysi birlari troposfera sharoitida barqarordir?

- A) NO , NO_2 , N_2O_3 ;
- B) NO , NO_2 , NO_3 ;
- D) NO , NO_2 , N_2O ;
- E) NO , NO_2 , N_2O_5 .

72. Azot birikmalari atmosferada qaysi sxema bo'yicha o'zgaradi ?

- A) $\text{NO} \rightarrow \text{HNO}_3 \rightarrow \text{NO}_4\text{NO}_3 \rightarrow \text{NH}_3$;
- B) $\text{NH}_3\text{O} \rightarrow \text{NO}_2 \rightarrow \text{HNO}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{NO}_3$;
- D) $\text{NH}_3\text{O} \rightarrow \text{NO} \rightarrow \text{NO}_2 \rightarrow \text{HNO}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{NO}_3$;
- E) $\text{NH}_3 \rightarrow \text{NO} \rightarrow \text{HNO}_3 \rightarrow \text{NO}_2$.

73. Atmosferadan azot qaysi birikma shaklida chiqib ketadi?

- A) NH_3 ;
- B) NO , NO_2 ;
- D) NO_2 ;
- E) HNO_3 , NH_4NO_3 .

74. «Fotokimyoviy, smog»ning necha turini bilasiz?

- A) 2;
- B) 5;
- D) 4;
- E) 6.

75. «London smogi» hosil bo'lishida qaysi komponent asosiy hisoblanadi?

- A) CO ;
- B) HCl ;
- D) SO_2 ;
- E) CO_2 .

76. "Los Andjeles" smogi hosil bo'lishida qaysi modda asosiy rolni

o'ynaydi?

- A) CO_2 ;
- B) NO_x ;
- D) CO ;
- E) CO_2 .

77. Smog tarkibidagi qaysi modda nafas yo'llarini achitadi, ko'zni yoshlantiradi?

- A) SO_2 ;
- B) azot oksidlari;
- D) peroksiatsetilnitratlar;
- E) vodorod peroksid.

78. Chiqindi gazlar atmosferaga qaysi shaklda kelib tushadi?

- A) H_2S , CH_4 , NH_3 ;

- B) H_2SO_4 , CH_4 , NH_3 ;
- D) H_2SO_4 , HNO_3 , CO_2 ;
- E) CH_4 , HNO_3 .

79. Yomg'ir bilan birga yer yuzasiga chiqindilar qaysi shaklda kelib tushadi?

- A) H_2S , CH_4 , NH_3 ;
- B) H_2SO_4 , CH_4 , NH_3 ;
- D) H_2SO_4 , HNO_3 , CO_2 ;
- E) CH_4 , HNO_3 .

80. Qaysi moddalar stratosferaning asosiy komponentlari hisoblanadi?

- A) H_2 , CO_2 , O_2 ;
- B) O_2 , O , CO_2 ;
- D) H_2O , O_2 , O ;
- E) O_2 , O , O_3 .

81. Qaysi moddalar troposferaning asosiy komponentlari hisoblanadi?

- A) H_2 , O_2 , CO_2 , O_3 ;
- B) NO_2 , H_2O , O_2 ;
- D) H_2O , O_2 , O ;
- E) O_2 , O , O_3 .

82. Atmosferada CO_2 ning miqdori qancha bo'lishi kerak?

- A) 0,5%;
- B) 2%;
- D) 0,01%;
- E) 0,03%.

83. Atmosferadagi ozonning umumiy miqdori qancha?

- A) 100 Dobson birligi;
- B) 300 Dobson birligi;
- D) 500 Dobson birligi;
- E) 400 Dobson birligi.

84. Yer sharining qaysi hududida "ozon o'pqoni" hodisasi aniqlangan?

- A) Amerika;
- B) Yaponiya;
- D) Avstraliya;
- E) Antarktida.

85. Ozon qatlami qaysi balandlikda joylashgan?

- A) 25–30 km;
- B) 45–50 km;
- D) 1–5 km;
- E) 10–12 km.

86. Atmosferaning asosiy massasi qaysi qavatda to'plangan?

- A) mezosfera;
- B) ekzosfera;

D) stratosfera;

E) troposfera.

87. Yerdagi radiatsion fon qancha bo'lishi kerak?

A) 10^{-3} gr/yil;

B) $5 \cdot 10^{-3}$ gr/yil;

D) 100 gr/yil;

E) 10^{-2} gr/yil.

88. Avtotrof organizmlar qaysi guruh organizmlarga kiradi?

A) iste'molchilar;

B) konsumentlar;

D) produsentlar;

E) qayta tiklovchilar.

89. Geterotrof organizmlar qaysi guruh organizmlarga kiradi?

A) konsumentlar;

B) ishlab chiqaruvchilar;

D) produsentlar;

E) kos moddalar.

90. Gidrosferadagi suvning umumiy miqdori qancha?

A) 2 mlrd km^3 ;

B) 1 mlrd km^3 ;

D) 1,4 mlrd km^3 ;

E) 1,9 mlrd km^3 .

91. Tarkibidagi anion bo'yicha tabiiy suvlar qanday sinflarga ajratiladi?

A) azot, sulfat, xlorid;

B) sulfat, karbonat, fosforli;

D) azot, gidrokarbonat, xlorid;

E) gidrokarbonat, sulfat, xlorid.

92. Tarkibidagi kation bo'yicha tabiiy suvlar qanday sinflarga ajratiladi?

A) Ca, Mg, K;

B) Ca, Mg, Fe;

D) Ca, Mg, Na_3 ;

E) K, Na_3 , Mg.

93. Tabiiy suv tarkibidagi qaysi anionlar asosiy ionlarga kiradi?

A) HSO_3^- , I^- , PO_4^{3-} , CO_3^{2-} ;

B) HSO_3^- , F^- , Cl^- , CO_3^{2-} ;

D) CO_4^{2-} , HCO_3^- , Br, CO_3^{2-} ;

E) HCO_3^- , CO_4^{2-} , Cl^- , CO_3^{2-} .

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. *Karimov I.A.* XXI asr bo'sag'asida: xavfsizlikka tahdid, barqarorlik shartlari va taraqqiyot kafolatlari. — T.: O'zbekiston, 1997, 326-b.
2. Химия окружающей среды: Под ред. Дж.О.М.Бокриса Пер с англ. под ред. А.П. Цыганкова М.: Химия, 1982.
3. *Чернобаев И.П.* Химия окружающей среды: — К.: Высшая школа. 1990.
4. *Опалювский А.А.* Планета Земля глазами химика. — М.: Наука, 1990.
5. *Андруз Дж., Бримблекумб П., Джикелз Т., Лисс П.* Введение в химию окружающей среды: Пер. с англ. М.: Мир, 199.
6. *Бримблекумб П.* Состав и химия атмосферы: Пер. с англ. — М.: Мир, 1988.
7. *Хентов В.Я.* Химия окружающей среды для технических вузов. — Ростов-на-Дону, Феникс, 2005
8. *Лозановская И.Н., Орлов Д.С., Садовникова Л.К.* Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении. М.: Высш.шк., 1998.
9. *Н.П. Тарасова, В.А. Кузнецов, Ю.В. Сметанников, А.В. Малков, А.А. Додонова.* Задачи и вопросы по химии окружающей среды. — М.: Мир, 2002.
10. *Николайкин Н.И., Николайника Н.Е., Мелехова О.П.* Экология. М.: Дрофа, 2004.
11. *Скурлатов Ю.И., Дука Г.Г., Мизити А.* Введение в экологическую химию. — М.: Высшая школа, 1994.
12. *Xolliyev I., Ikromov A.* Ekologiya. — T.: Talqin, 2004.
13. *R. Rustamov.* Ekologiya, — T. 2007.
14. *Войткевич Г.В.* Происхождение и химическая эволюция земли. М.: Наука, 1973.
15. *Титаев А.А.* Эволюция органических соединений на Земле. М.: Наука, 1974.
16. *Добровольский В.В.* Химия земли: Пособие для учащихся. М.: Просвещение, 1980.
17. *Бургеля Н.К., Мырлян Н.Ф.* Геохимия и окружающая среда: Кншинёв, Штиинца, 1985.
18. *Тинсли И.* Поведение химических загрязнителей в окружающей среде.: Пер. с англ. — М.: Мир, 1982.

19. Радиация. Дозы, эффекты, риск.: Пер.с англ.— М.: Мир.
20. Матвеев Л.В., Рудик А.П. Почти все о ядерном реакторе. — М.: Энергоатомиздат, 1990.
21. Бримблекумб П. Состав и химия атмосферы.: Пер. с англ. — М.: Мир, 1988.
22. С.С.Сайдаминов «Основы охраны окружающей среды», Т.:Уқитувчи, 1989.
23. Казимировский Э.С. Планета в космической плазме.- Л.: Гидрометеиздат, 1990.
24. Данилов А.Д., Кароль И.Л. Атмосферный озон — сенсации и реальность.- Л.: Гидрометеиздат, 1991.
25. Ахтеров қ.А. Ozon o'pqqoni muammolari. Toshkent.: Fan, 1993.
26. Исидоров В.А. Экологическая химия. СПб.: Химия, 2001.
27. Исидоров В.А. Органическая химия атмосферы: Л. Химия, 1985.
28. Орлов Д.С. Химия почв: — М.: Изд-во МГУ, 1992.
29. Хорват Л. Кислотный дождь: — М.Стройиздат, 1990.
30. Заиков Г.Е., Маслов С.А., Рубайло В.Л. Кислотные дожди и окружающая среда: М.:Химия, 1991.
31. Карюхина Т.А Чурбанова И.Н «Химия воды и микробиология» — М.: Стройиздат, 1974.
32. Таубе П.Р., Баранова А.Г. Химия и микробиология воды. М.: Высшая школа, 1983.

MUNDARIJA

Kirish.....	3
-------------	---

1-bob. Yerning paydo bo'lishi va tuzilishi

1.1. Yerdagi evolutsiyon jarayonlar.....	6
1.2. Biosferaning tuzilishi va tarkibi.....	8
1.3. Biosferada moddalar va energiyaning biokimyoviy aylanma harakati.....	11
1.4. Tirik moddaning asosiy biokimyoviy funksiyalari.....	13
1.5. Kimyoviy elementlarning atrof-muhitda tarqalishi.....	19
1.6. Kimyoviy elementlar migratsiyasi.....	21
1.7. Geokimyoviy to'siqlar.....	23
1.8. Yerning ichki tuzilishi va yer qatlaminin g strukturasi.....	24

2-bob. Nurlanish va uning atrof-muhitga ta'siri

2.1. Radioaktivlik hodisasi va radioaktiv parchalanish qonunlari.....	30
2.2. Nurlanishning turlari.....	35
2.3. Atrof-muhitdagi nurlanishning manbalari.....	36
2.3.1. Nurlanishning tabiiy manbalari.....	36
2.3.2. Nurlanishning antropogen manbalari.....	38
2.4. Nurlanishning o'lchov birliklari.....	40
2.5. Ionlashtiradigan nurlanishning biologik ta'siri.....	42

3-bob. Atmosfera kimyosi

3.1. Atmosferaning tuzilishi va tarkibi.....	45
3.2. Atmosferaning barqarorligi.....	55
3.3. Yerning ionosferasi (termosferasi).....	60
3.4. Yerning ozon qatlami.....	65
3.4.1. Ozonning atmosferada hosil bo'lishi va parchalanishi.....	68
3.4.2. Ozon qatlaminin g yemirilishiga olib keluvchi tabiiy va antropogen manbalar.....	73
3.4.3. Ozon o'p'qoni.....	74
3.4.4. Ozon qatlaminin g himoyalash borasida xalqaro hamkorlik.....	76
3.5. Chiqindilarning troposferadagi kimyoviy o'zgarishlari. Troposferadagi erkin radikallar.....	77

3.6. Organik moddalarning atmosferadagi kimyoviy o'zgarishlari...	81
3.6.1. Organik moddalarning atmosferaga kelib tushishi manbalari.....	81
3.6.2. Metan gazining atmosferadagi kimyoviy o'zgarishlari...	83
3.6.3. Metan gomologlarining reaksiyalari.....	87
3.6.4. Aldegid va ketonlarning kimyoviy o'zgarishlari.....	89
3.6.5. To'yinmagan uglevodorodlarning atmosferadagi kimyoviy o'zgarishlari.....	92
3.6.6. Aromatik uglevodorodlarning kimyoviy o'zgarishlari...	98
3.7. Oltingugurt birikmalarining atmosferadagi kimyoviy o'zgarishlari.....	99
3.8. Troposferadagi azot birikmalari.....	106
3.9. Shahar atmosferasidagi fotokimyoviy smog.....	110
3.10. Kislotali yomg'irlar va ularning atrof-muhitga ta'siri.....	115

4-bob. Gidrosfera kimyosi

4.1. Suvning gidrologik aylanma harakati.....	122
4.2. Tabiiy suvlarning sinflanishi.....	124
4.3. Tabiiy suvlarning kimyoviy komponentlari.....	128
4.4. Tabiiy suvning anomal xossalari.....	129
4.5. Suvning vodorod ko'rsatkichi.....	131
4.6. Suv havzalaridagi oksidlanish-qaytarilish jarayonlari.....	133
4.7. Suvning <i>pe</i> ko'rsatkichi.....	137
4.8. Karbonat kislota va uning suvdagi shakllari.....	144
4.9. Tabiiy suv havzalaridagi gidroliz jarayonlari.....	149
4.10. Tabiiy suv havzalarining buferlik xususiyatlari.....	153
4.11. Tabiiy suv havzalarning nordonlanishi.....	154
Test savollari.....	159
Foydalanilgan adabiyotlar.....	172

Sadritdin Maxamaddinovich Turobjonov
To'lg'in Tursunovich Tursunov
Klara Muratdjanovna Adilova

ATROF-MUHIT KIMYOSI

Muharrir Xudoyberdi Po'latxo'jayev
Badiiy muharrir Yasharbek Rahimov
Texnik muharrir Yelena Tolochko
Kompyuterda sahifalovchi Gulchehra Azizova

Litsenziya raqami AI № 163. Bosishga ruxsat etildi 20.07.2012. Bichimi 60×84¹/₁₆.
Tayms TAD gamituras. Sharhli b.t. 10,23. Nashr b.t. 9,12. Shartnoma № 42–2012.
500 nusxada. Buyurtma № T-31-8.

O'zbekiston Matbuot va axborot agentligining Cho'lpon nomidagi nashriyot-
matbaa ijodiy uyi. 100129, Toshkent, Navoiy ko'chasi, 30.

•TAFAKKUR-BO'STONI• MCHJ boshmaxonasida chop etildi. Toshkent shahar,
Chilonzor ko'chasi 1-uy.

13682 c