AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ
SUMQAYIT DÖVLƏT UNİVERSİTETİNİN NƏZDİNDƏ
SUMQAYIT DÖVLƏT TEXNİKİ KOLLECİ

«Sənaye ekologiyası və radioekologiya»

fənnindən mühazirələr

Orta ixtisas təhsili müəssisələrində
fənnin tədrisi üçün nəzərdə tutulub

Tərtib edən: Bayramova Nailə Xaləddin qızı

SUMQAYIT-2020

Mövzu 1. Sənaye ekologiyasının məqsəd və vəzifələri

Инсан планетин тябии вя ясас чиркляндириъисиндян биридир. Тябиятдя щармонийанын позулмасы суйа вя щавайа атылан кимйяви, металлунэийа, истилик-енерэетика, даь-мядян селлцлоза-каьыз вя диэяр сянайе сащяляринин туллантыларынын щяъминин артмасы нятиъясиндя баш верир. Бцтювлцкдя щаванын чирклянмяси йанаъаьын йанмасы просесиндя, сянайе туллантылары вя електрик енержиси истещсалында йараныр.

Ири шящярлярин сакинляри щаванын чирклянмяси проблеми иля артыг цзляшмишляр. Инсанлар интенсив автомобил щярякяти олан районлара дцшдцкдя СО иля локал зящярлянмяляри нятиъясиндя щушларыны итирмя щаллары гейд олунмушдур. Щаванын эцълц чирклянмяси нятиъясиндя ири шящярлярин яркязи районлары йашайыш цчцн йарарсыз щала дцшмцшдцр.Бцтцн еколожи проблемляр ичярисиндя тцстц газлары проблеми ясас йер тутур. Проблемин щяллолма цсулларындан бири дя дахили йанма мцщяррикинин атмосфери чиркляндирмяйян мцщяррикляря ,мясялян, електромобиллярля явяз олунмасыдыр. Диэяр цсул ися тцстц газларынын тяркибиндя доймамыш цзви бирляшмяляри ЪО$_2$ –йя гядяр оксидляшдиря биляр. О, доймамыш карбощидроэенляр, НО, ЪО-йа нисбятян аз зящярлидир. Амма атмосфердя ЪО$_2$ –нин щяддиндян артыг йыьылмасы эцняш шцасынын сяпялянмяси вя якс олунмасынын азалмасына сябяб олур вя бу да «истихана еффекти»-ня эятириб чыхарыр.Бунунла ялагядар олараг атмосферин гызммасы баш верир.

Йанаъаг кими нефт, даш кюмцр вя тябии газ даща эениш истифадя олунур. Бязи юлкялярдя аьаъдан да йанаъаг кими истифадя олунур.Йанаъаг йандыгда атмосфер кцкцрд, азот, карбон оксидляри вя натамам йанма мящсуллары иля чирклянир.Кцкцрд вя азот оксидляринин артыг мигдары туршу йаьышларынын йаьмасына сябяб олур.

Атмосфери чиркляндирян стасионар чиркляндирмя мянбяляриня кимйа,металлурэийа вя нефт емалы сянайесидир. СО$_2$ газынын атмосферя интенсив дахил олмасына сябяб гурьушун,синк вя мис филизляринин сулфидли минералларынын цандырылмасы сябяб олур. СО$_2$ газынын тящлцкяли фясадларындан бири дя онун битки юртцйцня тящлцкяли тясиридир. Торпаьын ерозийасы иля мцшаийят олунан битки юртцйцнцн мящви Тасманийа,. Теннесидя сящра яразиляринин йаранмасына эятириб чыхармышдыр. Буна сябяб яритмя собаларындан атмосферя газлар тямизлянмядян атылмышдыр.

Гара металлурэийа истещсалынын ясасыныны чугун вя поладын йцксяк температурда яридилмяси просесляри тяшкил едир. Бу заман филизин чыхарылмасы вя емалы щаваны чиркляндирир. Чцнки, хаммалын щазырламасы, филизин вя шлакын домна собасына йерляшдирилмяси заманы бюйцк мигдарда тоз ямяля эялир. Домна собасы юзц дя

щаваны ъиркляндириъилярдян биридир ,чцнки ондан чыхан газларын тяркибиндя $ЪО_2$ – нин мигдары йцксякдир. Конвертор (полад яритмя ишляриндя истифадя олунан ъищаз) газларында да йцксяк гейри-сабит мигдарлы ЪО иля фярглянир.

Семент вя йол юртцкляри щазырламаг цчцн лазым олан бир сыра материалларын ,о ъцмлядян асбест(одадавамлы лифли материал),гум,чынгыл,гырма даш щасили чох ири мигйасда апарылыр.Бу заман материалларын чыхарылма,дашынма вя сахланмасы бюйцк мигдарда ири вя хырда тозун ямяля эялмяси иля баьлыдыр ки, бу да чох тящлцкялидир.

Кимйа сянайеси мцхтялиф чиркляндириъи маддялярин: кцкцрд вя азот оксидляринин, щидроэен фторид (туршу вя эцбря истещсалы) мянбяйи щесаб едилир. Каьыз вя селлцлоза истещсалында щавайа щидроэен сулфид вя меркаптанлар дцшя биляр. Карбощидроэенлярин бухарлары лак-бойа истещсалы заманы ямяля эялиб атмосферя дцшцр вя щямчинин бу заман щялледиъилярин бухарлары токсики хассяйя малик олурлар.

Щаванын чирклянмясиндян ялавя суйун да чирклянмяси актуал мясялядир.Артыг балыгларын оргапнизминдя ъивянин варлыьы али факта чеврилмишдир. Бязи су щцювзяляри «ъансыз» адландырылыр, йяни,онлар о гядяр чирклянмишляр ки, онларын тяркибиндя кимйяви чиркляндириъилярин парчаланмасында иштирак едян бактерийаларын чохалмасы вя инкишафы цчцн лазым олан мигдар оксиэен йохдур. Су щцювзяляриндя тулланты-ларын тяркиби щям цзви вя щям дя гейри цзви-нитратлар, фосфатлар, аьыр металлар вя с. ола биляр.Тулланты суларынын цзви компонентляри- йаь туршулары, йаьлар вя с. олуб, су-щава сярщяддиндя гат ямяля эятирирляр. Бу гатлар бир чох физики характеристикалара, мясялян, оксиэенин дашынмасы, ишыьын дахил олмасы, щяллолмайа тясир эюстярирляр.Онлар металлар иля комплексямяляэятириъи мяркяз ролуну ойнайыр вя хлорлашмы карбощидроэенляри удма габилиййятиня маликдирляр. Мцяййян олунмушдур ки,сятщ гатында аьыр металларын вя цзви мяншяли чиркляндириъиляр цчцн зяньинляшмя коеффисиенти 10^4-дян чохдур.

Нефтин бюйцк мигдарларынын суйа тюкцлмяси бюйцк тящлцкя тюрядир.Нефтин тяркибиндя олан бязи фраксийалар токсикидир вя онларын токсикилийи су системиндя удулмасы вя щялл олмасы заманы гатылыг артдыгъа артыр.Нефтли гатлар аьырметаллары вя пестисидляри удма вя гатылашдырма габилиййятиня маликдир.

Цмумиййятля, биосферин чиркляндириъилрирни онларын мянбяляриндян асылы олараг синифляндирмяк олар: кимйа, нефтемалы, селлцлоза-каьыз сянайеси, гара вя ялван металлурэийа, автомобил няглиййаты, истилик-енерэетика сащяляринин чиркляндириъи маддяляри. Бу синифляндирмя там бир-бириндян айрылмыр йяни,ейни бир маддя мцхтялиф групларда олабиляр. Мясялян, $СО_2$ ятраф мцщитя ялван металлурэийа мцяссисяля-

ри, кимйа сянайеси заводлары, истилик-енерэетика стансийаларындан дахилолабиляр. Ятраф мцщитин ясас чиркляндириъиляри ашаьыдакы ъядвялдя эюстярилмишдир:

Ятраф мцщитя мцхтялиф мянбялярдян дахил олан чирклндириъиляр

Мянбя	Маддя
Кимйяви заводлар	Аммонйак, щидроэен сулфид газы, фосфор анщидриди, фторлу бирляшмяляр, азот оксидляри, хлор, туршу бухарлары, доймуш вя доймамыш карбощидроэенляр, туллантыларын анмасы заманы ямяля эялян мцхтялиф мящсуллар.
Автомобил няглиййаты	Карбон 1-оксид, карбон-2-оксид, азот оксидляри, карбощидроэенляр, алдещидляр, щис.бензпирен, аьыр металлар
Ялван металлурэийа мцяссисяляри	Аьыр металлар, арсен, фтор, сцрмя, флотоаэентлярин галыглары (сианидляр, ксантоэенатлар, нефтмящсуллары) сулфатлар, хлоридляр, кцкцрд вя азот оксидляри
Нефт емалы мцяссисяляри; нефт боруларынын партламасы вя гязасы	Карбон оксиди, кцкцрд 2-оксид,щидроэен сулфид, азот оксидляри, карбощидроэенляр, фенол, аммонйакминерал туршулар.

Мцщазиря 2: Истилик енерэетика сянайеси

Иш принсипи йанаъаг йандырмагла баьлы олан истилик електрик стансийалары (ИЕС), истянилян сянайе вя коммунал мцяссисяляр истилик енерэетикайа аид олунур. Бу истещсал нювц щава мцщитинин техноэен чирклянмясинин ясас мянбяляриндян бири-дир.ИЕС бцтцн зярярли туллантыларын 25%-ни тяшкил едир.

Истилик електрик стансийаларында йанаъаг кими кюмцр, мазут, тябии газ, бязян – нефт, йанар шис т (*шист*-лай-лай гурулушлу сцхур) истифадя олунур. Типик истилик електрик стансийасынын иш принсипи белядир:йанаъаг бухар газанларынын оъагларында йандырылыр вя бунунлада онун кимйяви енержиси бухарын истилик енержисиня чеврилир. Йяни, йанаъаг йандырылан заман ямяля эялян истилик, суйун гыздырылмасына вя бухарын ямяля эялмясиня сярф олунур. Бухар турбининдя (*турбин* - ичярисиндя бухар,газ вя йа ахар суйун енержиси механики гцввяйя чеврилян мцщяррик) бухарын енержиси механики енержийя вя сонра турбоэенераторда чеврилир.Ишлянмиш бухар йенидян ичярисиндян сойуг су кечян конденсаторда суйа чеврилир.Бухарын конденсляшмя просесиндя сойумуш су гызыр. Бу су, йа эютцрцлдцйц щцювзяйя бирбаша гайтарылыр вя йа да хцсуси сойудуъулардан кечирилир. Она эюря дя беля електрик стансийалар адятян ири су щцювзяляринин йахынлыьында тикилир. Конденсляшмишбухар нятиъясиндя ямяля эялян су, йенидян бухар газанына гайыдыр вя беляликля, дювр йенмидян тякрарланыр.

Ади ИЕС цчцн(ДРЕС типли) КПД-???? 40%-я гядяр тяшкил едир. Яэяр ИЕС тябии газ иля ишляйирся, онун КПД-си 52 %-я гядяр чатыр.

Електрик стансийаларында ики тип сойудуъулардан истифадя олунур. Яэяр бухарын конденсасийасы цчцн истифадя олунан су, гызмыш вязийййятдя йенидян су щцювзясиня гайыдырса, беля дювр – *сойудулмагла-ачыг дювр* адланыр. *Сойудулмагла гапалы дювр* адланан икинъи типли гурьуларда, сойудуъу су васитясиля алынан истилик атмосфердя градирен (сойудуъу гурьу, сяпялямя йолу иля суйу сойудан гцлля) йайылыр. Градиренляр ятрафдакы тикилиляря нисбятян ири щяъмя малик олуб, бир нечя километр узаглыгдан эюрцнцрляр.

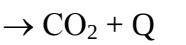
Сойудулманын ачыг типи истифадя олундугда су щцювзясинин истилик чирклянмяси баш верир. Бу щалда балыгларын мящви щаллары гейд олунур вя температурун артмасы су организмляринин репродуктив функсийаларына мянфи тясир эюстярир. Истилик шокуна (ağır ruhi sarsıntı və ya bədənin ağır zədələnməsi nəticəsində orqanizm funksiyalarının ümumi pozuluşu) мяруз галан балыглар,хястяликляря гаршы даща щяссас олурлар. Ялавя истилик ахыны су екосистемлярини бяситляшдирир (садяляшдирир), мцхтялиф нювлярин сайыны азалдыр. Беляликля, температур суда бцтцн ъанлы групларынын гурулушуна тя-

сир эюстяря биляр. Она эюря дя суйу сойутмаг мягсяди иля сойудуъу-нощурлар, каналлар вя гцлляляр (гралирен)дян истифадя едирляр.

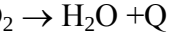
Електрик енержиси истещсалынын еффективлийин артырылма йолларындан бири дя истилик туллантыларындан- йанаъаг йандырылдыгда ямяля эялян истилик, електрик енержисиня чевриля билмяйян истиликдян истифадя олунмасыдыр. Ишлянмиш бухар сойудулмур вя йашайыш биналарынын, мцяссисялярин вя с.биналарын гыздырылмасы цчцн истифадя олунур. Беля гурьулар истилик-електрик мяркяз (ИЕМ) адланыр. Истилик енерэетика истилик чирклянмясиндян ялавя атмосфери йанаъаьын йанма мящсуллары вя бярк туллантыларла чиркляндирир.

Йанаъаьын ясас елементляри-карбон вя щидроэен олуб,аз мигдарда кцкцрд вя азот тяшкил едир. Йанаъагда, тяркибиндя кцкцрд сахлайан бирляшмялярин мигдары онун щям типиндян вя щям дя чыхарылма яразисиндян асылыдыр. Нефтдя вя кюмцрдя ися кцкцрдцн мигдары 6 %-я гядяр ола биляр. Хам нефтдя онун мигдары,кюмцря нисбятян аз олуб, 1 % тяшкил едир. Нефт айырма заманы кцкцрдцн чох щиссяси,мазута чеврилр ки, бу да гыздырылмада вя йанаъаг кими ИЕС-дя истифадя олуна биляр. Кюмцр вя нефтдян фяргли олараг,тябии газын тяркибиндя практики олараг кцкцрд йохдур. Бу нюгтейинязярдян тябии газ-тямиз еколожи йанаъагдыр. Лакин боруларын чякилиши заманы тябиятя зийан вурулур.

Нефтдя кцкцрд, ясасян, цзви бирляшмялярин тяркибиндя олур. Кюмцрдя ися щям цзви вя щям дя гейри-цзви бирляшмялярин пирит (FeS_2) кристаллары, сулфатлар $Fe_2(SO_4)_3$, $MgSO_4$, $CaSO_4$ шяклиндя олур. Йанаъаг йандыгда тяркибиндяки Ъ вя Щ йанараг оксидляр ямяля эятирирляр:



$$C + O_2 \rightarrow CO_2 + Q$$



$$2H + ½\ O_2 \rightarrow H_2O + Q$$

Оксиэен чатышмадыгда:

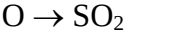
$$C + ½\ O_2 \rightarrow CO + Q$$

Вя йа:

$$C + CO_2 \rightarrow 2CO - Q$$

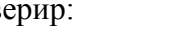
Йяни, оксиэен чатышмайан шяраитдя CO вя истилик ямяля эятирир. Бундан ялавя CO_2 ямяля эялир ки, токсики олмаса да «истихана еффекти» ямяля эятирир.

Карбонун вя нефтин тяркибиндя олан кцкцрд вя азот да щямчинин йанырлар:

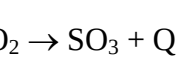


$$S + O \rightarrow SO_2$$

Аз дяряъядя сонракы оксидляшмя баш верир:



$$SO_2 + O \rightarrow SO_3$$



$$SO_2 + ½\ O_2 \rightarrow SO_3 + Q$$

Аловун температурунда SO_2 газы даща давамлыдыр. Йанма просесиндя щямчинин НО айрылыр. О, щям йанаъагда олан азотун йанмасы вя щям дя атмосфердя олан оксиэен вя азотун аловда гаршылыглы тясири нятиъясиндя ямяля эялир:

$$N_2 + O_2 \rightarrow 2NO - Q$$

Сонра о, оксидляшир:

$$NO + ½ O_2 \rightarrow NO_2$$

Яэяр йанма мящсулунда кцкцрд оксидляринин мигдары,йанаъагда олан кцкцрдцн мигдарындан асылыдырса, онда азот оксидляринин мигдары, йанаъаьын йандырылма цсулундан вя аловун температуру иля тяйин олунур.

Беляликля, истилик енерэетикасында чыхан газларын тяркибиня $ЪО_2$, ЪО, $Щ_2О$ (бухар), SO_2 (бязян SO_3), NO, NO_2 вя с. Газлардан ибарятдир ки, онларын да щава мцщитиня дахил олмасы биосферин бцтцн компонентляриня бюйцк зийан вурур.Зярярли маддяляр атмосферя щцндцр борулар васитясиля он вя йцз км щцндцрлцйя атылыр. Кюмцрля ишляйян истилик електрик стансийаларынын учуъу кцлцндя аз мигдарда токсики елементляр: Ас,Се вардыр. ИЕС-ин учуъу кцлцндя щямчинин радиоактив елементляр вя онларын парчаланма мящсулларына раст эялинир.

Беляликля,истилик енерэетикасы–ятраф мцщитин истилик (термал) чиркляндирилмясиня, чиркляндириъи маддялярин бюйцк мигдарда йаранмасына,о ъцмлядян,бярк щиссяъиклярин, карбон газынын,кцкцрд вя азот оксидляринин вя щямчинин радиоактив чирклянмя мянбяйиня сябяб ола биляр.

Азярбайъанын ири шящярляринин атмосфер щавасынын анализинин нятиъяляри гянаятбяш дейилдир. Цмумиййятля атмосферя атылан зярярли маддялярин 90%-и беш шящярин- Сумгайыт, Бакы, Эянъя, Ширван, Минэячевирин пайына дцшцр. «Азяренержи» Дювлят Консерниндя йедди ИЕС вя алты ДРЕС фяалиййят эюстярир ки, онларын эцъц тягрибян 5000 МВт тяшкил едир.Республикада истещсал олунан енержинин 90%-и ИЕС-ин пайына дцшцр. Беля ки, електрик стансийалары газ вя мазутла ишляйирляр.Азярбайъанда чыхарылан аьыр нефтдя (мазут) кцкцрдцн мигдары ашаьы олуб, 0,2-0,5% тяшкил едир. Яэяр енерэетика сектору там эцъц иля ишлясяйди,онда бир илдя туллантыларын мигдары, о ъцмлядян: SO_2 -100000тон, NO_x- 35000 т вя бярк щиссяъикляр – 3300 тон тяшкил едярди. Бярк щиссяъиклярин цмуми мигдары йер цстц сявиййядя ЙЩЦГ-дан (йол верилян щядд гатылыьы) артыгдыр. SO_2 –нин гатылыьы Ширван ДРЕС-дя ЙЩЦГ-ни 4,8 дяфя, NO_x- ися 4 ИЕС-дя : Ширван ДРЕС-4 дяфя;Сумгайыт ИЕС-1 дяфя;Бакы ИЕС-1 -14,8 дяфя вя Бакы ИЕС-9,8 дяфя артыгдыр.

Мцщазиря 3. İstehsalın təşkili və tullantısız texnologiya

Бу сащядя даща реал олан -***азтуллантылы технолоэийалардыр***. Бу мящсулун еля истещсал цсулудур ки, бурада ятраф мцщитя мянфи тясир минимума, йяни: санитар-гигиеник нормалара вя йол верилян щядд гатылыьына гядяр чатдырылыр. Азтуллантылы технолоэийарын туллантысыз технолоэийалара йахынлашма дяряъясини гиймятляндирмяк цчцн мцяййян дцзялиш ямсаллары дахил едилир.

Истещсалын туллантысыз олмасны тяйин етмяк цчцн бир чох цсуллар мювъуддур: тяърцби гиймятляндирмя, хаммал вя енержи балансларына эюря гиймятляндирмя, мящсулун истещсалына сярф олунан хяръларин тяртибиндя игтисади цсулла вя с. Яэяр истещсалын бцтцн туллантыларыны ,йяни ахар сулар иля тулланты вя газшякилли туллантылар кими, вя щямчинин туллантыларын нейтрал щиссяси нязяря алынса,онда зярярли туллантыларын кцтлясинини цмуми балансыны ашаьыдакы кими эюстярмяк олар:

$$\Sigma(M_A + M_Г) - \Sigma M_Н - \Sigma M_C = 0$$

Бурада $M_A + M_Г$ - ахар сулар иля тулланты вя газшякилли туллантыларын кцтляси; $\Sigma M_Н$ - нейтрал туллантыларын кцтляси; ΣM_C - сяпялянмиш туллантыларын кцтлясидир.

Техноложи хяттин,сехин нисби еколожи ъящяти ашаьыдакы формул иля тяйин олунур:

$$A = \frac{\sum(M_с + M_в) - \sum M_н}{\sum(M_с + M_в)} \cdot 100\%$$

$A \to 0$ просес туллантысыз щесаб олунур.Кимйяви просеслярин туллантысыз олмасыны гиймятляндирмяк цчцн щямчинин туллантысызлыг ямсалыны щесаблайырлар:

$$k_б = \varphi(k_м , k_э , k_а),$$

бурада :$k_м$ вя $k_е$ – уйьун олараг мадди вя енержи ещтийатларынын там истифадя олунма ямсалларыдыр; $k_а$ –- еколожи тялябляря уйьунлуг ямсалыдыр. $k_б$ кямиййятиндян вя эцъцндян асылы олараг истещсалы 3 група бюлцрляр: туллантысыз ($k_б \geq 0,97$), азтуллантылы ($0,80\text{-}0,90 < k_б < 0,90\text{-}0,97$) вя дяряъяли ($k_б \leq 0,80$).

Мясялян, к.мцр сянайеси цчцн

$$k_б = 0,33\ (k_с + k_{су} + k_{тг})$$

$k_с$-даь ишляри заманы сцхурун истифадя олунма ямсалы; $k_{су}$ -кюмцр чыхарма заманы чыхан суйун истифадя олунма ямсалы; $k_{тг}$-тоз-газшякилли туллантыларын истифадя ямсалы.

Цмуми щалда,техноложи просесин баша чатма дяряъясини гиймятляндирмяк цчцн,ятраф мцщитля гаршылыглы тясир нязяря алынараг,тулантысыз критерийасыны еколожи тясир ямсалы кими гябул едирляр:

$$\mathbf{K} = \frac{N}{F} = \frac{N}{N+I},$$

Н-истещсал цчцн ваъиб олан нязяри тясир; Ф –- фактики тясир; И – конкрет истещсал цчцн тясирдир.

Яэяр Ф >>Н, онда К →0, йяни , истещсал еколожи тящлцкясизлийин тялябатларыны нязяря ясла алмыр. К, ня гядяр бюйцк оларса, истещсалда ятраф мцщитя тясир нязяря алынмасы артыр вя истещсал,о гядяр дя туллантысыз технолоэийайа йахынлашыр.

Габагъыл технолоэийаларын газ-тозшякилли туллантыларын, тулланты сularынын, туллантыларынтякрар истифадя олунмасынын мцасир тямизлямя вя нязарят методлары иля ялагяси, еколожи тящлцкясизлийин бцтцн тялябатларына ъаваб верян технолоэийаларын ишлянилмясиня имкан верир.

Мцщазиря 4: Нефт щасилаты вя нефт емалы

Нефт хаммал кими мцхтялиф компонентли гарышыгдыр. Мцяййян олунмушдур ки, нефт битки вя щейван мяншяли организмляринин галыгларына узун мцддят истилик,бактериоложи вя кимйяви тясирин нятиъясиндя ямяля эялир. Нефтин цмуми тяркибинин 75%-дян чох щиссясини карбощидроэенляр тяшкил едир; бундан башга нефтдя чох мигдарда кцкцрд (4%-гядяр), азот(1%) вя аз мигдарда оксиэен вардыр. Бундан башга, нефтин тяркибиндя металларын(дямир, ванадиум, гяляви вя гяляви-торпаг металлары) дузлары вардыр ки, онлар да йандыгда кцл ямяля эятирирляр.

Нефтин тяркиби адятян карбощидроэенлярин мигдари тяркиби иля тяйин олунур ки, онлар да парафинляр, тсиклопарафинляр, ароматик вя нафтеноароматик карбощидроэенляря бюлцнцр. Бакы нефтинин тяркибиндя ясасян, тсиклопарафинляр вардыр.

Мцхялиф йатаглардан чыхан нефтин тяркибиндя кцкцрд садя маддя, щидроэен-сулфид меркаптанлар (тиоллар), сулфидляр, полисулфидляо вя с. шякилдя олур:

$ЪЩ_3 – СЩ$ $ЪЩ_3 – ЪЩ_2 – СЩ$

Метантиол(метилмеркаптан) етантиол(етилмеркаптан)

Хам нефтдя кцкцрдлц бирляшмялярин мигдары 0,1%-4,5%-я гядяр Бакы вя Грозны нефтиндя) вя даща чох Башгыр вя Волга нефтиндя олур. Нефтин кцлц чох олмайараг) 0,1%-дян чох олмур (мцгайися цчцн: кюмцрцн кцлц 1%-дян чох олур) олмур. Щалщазырда дцнйада щяр ил 4 млрд. тондан чох хам нефт истещсал олунур;нефт чыхарма,дашынма вя емалы заманы ися тягрибян 50 млн. тона гядяр хам нефт вя нефт мящсулларынын итэиси баш верир.

Атмосфер щавасынын чирклянмяси артыг нефт чыхарылан заман, йяни, щяля нефт емалы заводларына эятирилмямиш баш верир. Нефт мядянляриндя щаванын чирклянмясинин ясас сябяби мцшаийят едян газларын щавайа дахил олмасыдыр ки,онларын тяркибиндя 2%-я гядяр щидроэен-сулфид олур. Бу газлар нефт бурулгларынын газылмасы вя щямчинин гяза щалларында ямяля эялир. Цмумийятля, технолоэийайа эюря,газлар нефтдян айрылмалы вя утилляшдирилмялидирляр. Бу мцшаийят едян газлар юзлцйцндя синтетик каучук резин-техники мямулатларынын, полиетилен, поливинилхлоридин, етил спиртинин вя с. истещсалы цчцн гиймятли хаммалдыр. Нефт вя нефт мящсуллары бу газлары абсорбсийа едяряк, щидроэен- сулфид мяля эятирир ки, онлар да йцксяк кейфиййятли хырда дисперс кцкцрд вя сулфат туршусу истещсалы цчцн гиймятли хаммалдыр. Щидроэен сулфид йандыгда оксиэенин мигдары аз олан щалда кцкцрд ямяля эялир:

$$2Щ_2С + O_2 \rightarrow 2С + 2\ Щ_2О$$

Оксиэенин мигдары чох олан щалда ися –кцкцрд газы ямяля эялир вя сонрадан кцкцрд газына емал олунур:

$$2Щ_2С + 3О_2 \rightarrow 2СО_2 + 2\ Щ_2О$$

Бир чох нефт мядянляриндя кянар газлар мяшял ъищазларында йандырылыр вя бу заман атмосфер щавасы $ЪО_2$, ЪО, дуда вя ясасян щидроэен сулфид иля зящярлянир.

Ятраф мцщитин чирклянмясинин ясас щиссяси нефтин дашынмасы заманы баш верир. Ясас нефт щасил олунан районлар нефти емалы вя истещлакы районларындан чох узагда йерляшир вя она эюря дя,нефти танкерлярдя дашымаг лазым эялир. Нефтин итэиси балластын(??????) долдурулмасы вя танкерин тямизлянмяси заманы баш верир. Нефт бошалдыгдан сонра бошалмыш танклар дяниз суйу иля долдурулур ки, бу да сонра стабилляшдириъи балласт кими истифадя олунур. Дяниз суйу танкын диварларындакы нефт мящсуллары иля емулсийа ямяля эятирир. Тяркибиндя нефт мящсуллары олан балласт эюндрилян лиман йахынлыьында дянизя тюкцлцр. Гейд етмяк лазымдыр ки,сон заманлар цзян тямизляйиъи стансийалардан истифадя олунур ки, ятраф мцщитин бу йолла чирклянмясинин гаршысыны алыр.

Атмосфер щавасынын ясас чирклянмя мянбяляриндян бири дя нефт емалы заводларыдыр (НЕЗ). Нефт емалы просеси заманы (нефтин дцзцня говулмасы, мазуту немалы, крекинг, риформиг, щидротямизлямя, кокслашма,битумун оксидляшмяси) тяркибиндя кцкцрд сахлайан бирляшмяляр щидроэен сулфидя чеврилир. О, НЕЗ вя нефт-кимйа заводларынын 8-12 км радиусунда мцшащидя олунур. Атмосферя щидроэен сулфидин дахил олмасы мигйасы чох дейилдир. Щятта яэяр сцлфидли нефтин тяркибиндя яввялъядян сярбяст щидроэен сулфид олмаса беля, о, бцтцн НЕЗ туллантыларыны мцшаийят едир; беля ки,нефтин термики емалы просесиндя ямяля эялир. Щидроэен сулфид атылма мянбяйиндян 5-10 км мясафядя тапылыр.Щисин хырда щиссяъикляри, чоз заман газшякилли карбощидроэенлярин бир-баша атмосферя атылмасынын гаршысыны алмаг цчцн истифадя олунан мяшяллярин иш режиминин дяйишмяси нятиъясиндя ямяля эялир. Бярк щиссяъиклярин диэяр мянбяйи ися каталитик крекинг просесидир.

НЕЗ-ларындан фяргли олараг,нефт-кимйа истещсалында атмосферя мцхтялиф ъцр маддяляр атылыр ки, бура доймуш,доймамыш вя ароматик карбощидроэенляр, алкилнитрил, асетонитрил, дихлоретен, хлоретен, метанол, цзви туршулар вя анщидридляр, карбон, азот, кцкцрд оксидляри, щидроэенсулфид вя карбонсулфид аиддир.

Бизим юлкямиздя нефт емалы вя нефт чыхарылан сянайе сащяляри ясасян. Бакы ая Абшеронда йерляшмишдир. Нефт чызармада компрессор стансийаларынын чатышмамазлыьындан атмосферя кянар газларын бюйцк мигдарда атылмасы иля нятиъялянир. 1996-ъы илдя компрессор стансийаларынын тикинтисиндян сонра,бу туллантыларын мигдары

2 дяфя азалмышдыр. Мяшял гурьулары кющнялдийиндян онлар да тулланты мянбяйиня чеврилмишляр. Бцтювлцкдя, бцтцн аваданлыгларын мцасирляшдирилдмяси даща ваъибдир. Бундан башга, бязи яразилярдя нефт чыхарма заманы йерин цзцня чыхан радиоактив маддялярин проблеми дя мювъуддур. Еля щаллар гейдя алынмышдыр ки, радиасийа фону 400-1200 мкр/с олмушдур. (Максимал йол верилян щядд-60 мкр/с-дыр).

Тулланты суларында мцхтялиф чиркляндириъи маддялярин мигдары емал олунан нефтин кейфиййяти, онун емал технолоэийасы иля мцяййян олунур. Суйун мигдары нефтемал олунан дяринликдян асылы олур. Нефт мядянляриндяки нефтин тяркибиндя 2%-гядяр су вя 0,5%-я гядяр дузлар олур. Лакин емал олунан нефтин тяркибиндя 0,0005% дуз вя 0,1% -гядяр су олмалыдыр. Она эюря дя НЕЗ- дахил олан нефт яввялъядян хцсуси електрик дузсузлашдырыъы гурьулардан (ЕЛОУ) дузсузлашдырмаг вя сусузлагдырмаг цчцн кечирилир. ЕЛОУ гурьуларындан айрылан су хцсуси канализасийа говшаьына тюкцлцр. Онун тяркибиндя, кцкцрдлц нефтдя гарышыглар шяклиндя олан - дузлар, нефт, кцкцрдлц бирляшмяляр вя диэяр маддяляр олур.

Кцкцрдлц бирляшмялярдян нефт гялявинин суда мящлулу иля йуйуб тямизляйирляр. Бу заман гяляви мящлулуна щидроэенсулфид, меркаптанлар вя диэяр кцкцрдлц маддяляр щямчинин феноллар дахил олур. Нефтин там емалы заманы дцз говманын галыглары крекинг явя пиролизя мяруз галыр.

Беляликля, НЕЗ-дя истещсал тулланты сулары практики олараг бцтцн технолоэи гурьуларда ямяля эялир. Ямяля эялмя мянбяйиня эюря онлары ашаьыдакы шякилдя бюлцрляр:

1. Нейтрал нефтли тулланты сулары. Бу група нефт мящсулларынын конденсасийа, сойудулма вя су иля йума заманы ямяля эялян тулланты сулары аиддир. Бу суларда ясасян нефт емулсийа шяклиндя олур.Онун гатылыьы 5-8 г/л, дузларын цмуми мигдары ися 700-1500 мг/л олур.

2. Йцксяк мигдарда емулсийалы нефтли вя йцксяк гатылыглы щялл олмуш дузлу тулланты сулары (ЕЛОУ су щювзяляри)

3. Кцкцрдлц–гялявили тулланты сулары ачыг рянэли нефт мящсулларынын йанмыш газларын гялявиляшдирилмяси нятиъясиндя алырлар. Гяляви иля тямизлямя просесиндя нефт мящсулларындан ,ясасян,щидроэенсулфид,меркаптан,феноллар вя нафтен туршулары тямизлянир.

4. Сулфат туршусунун реэенерасийасы сехинин туршулу тулланты сулары ъищазда ???????? бирляшмялярин, ъищазларын коррозийайа уьрамасы нятиъясиндя туршунун итэиси вя тяркибиндя 1 г/л сулфат туршусунун олмасы нятиъясиндя ямяля эялир.

5. Щидроэенсулфидли тулланты сулары. Щидроэенсулфид барометрик конденсаторларын, каталитик крекинг гурьуларынын, щидрокрекинг суйунда вардыр. Бу тулланты суларында щямчинин феноллар вя аммонйак вардыр.

НЕЗ вя нефт-кимйа истещсалынын мцяссисяялринин ятрафында нефт-кимйяви синтезин мящсуллары иля чирклянмиш сулар ямяля эялир ки, онларын тяркиби алынан мящсулун нювц иля мцяййянляшир. Беляликля, НЕЗ –ин тулланты суларына чох бюйцк мигдарда цзви маддяляр тюкцлцр ки, онлардан да нефтин говулмасынын сон вя аралыг мящсуллары, нефт, нафтен туршулары вя онларын дузлары, деемулгаторлар, гатранлар, феноллар, бензол, толуол даща ящямиййятлидир. Тулланты суларында щямчинин гумм,эил,щиссяъикляри,туршулар вя онларын дузлары.гялявиляр вардыр.

МЦЩАЗИРЯ 5. Кимйа сянайеси və tullantıları

Кимйа сянайесинин мцяссисяляри атмосферя, кимйяви тяркибя эюря мцхтялиф ъцр олан туллантылар мянбяйидир. Кимйа сянайесинин ясас истещсалларына туршулар, гяляви, аммонйак, минерал эцбряляр, щидроэен, хлор, бойалар, лаклар, полимерляр, тябии вя сцни лифляр истещсалы аиддир.

Атмосферин кцкцрд бирляшмяляри иля (CO_2, CO_3, $Щ_2CO_4$, $Щ_2C$, $ЪC_2$, меркаптанлар) чирклянмяси сулфат туршусу, фосфорлу эцбрялярин (суперфосфат), капролактамын бязи мцряккяб эцбрялярин (аммофос вя с.), сцни лифлярин каэыз, селлцлоза вя с. истещсалында баш верир.

Азот бирляшмяляринин (НО, $НО_2$, $НЩ_3$, $ЩНО_2$, $ЩНО_2$ вя с.) атмосферя аммонйак, нитрат туршусу, азотлу эцбряляр мцряккяб эцбряляр, анилин бойалары, фотолент, сода, сулфат туршусу (нитроз методу иля) истещсал едян мцяссисяляр тяряфиндян тулланыр.

Хлор вя онун бирляшмяляри атмосферя хлорид туршусу, калсиум хлорид, хлорлу ящянэ, хлор, сода, поливинилхлорид гятраны, тетрахлоретилен, цзви бойалар, пестисидляр, сиркя туршусу вя с. истещсалы нятиъясиндя атылыр.

Фтор вя онун бирляшмяляри иля атмосферин чирклянмяси фосфор эцбряляри (суперфосфат), миналар, алцминиум истещсалында баш верир.

Кимйа сянайесинин атмосфер туллантыларынын тяркибиндя щям цзви, щям дя гейри-цзви маддяляр вардыр. Мясялян, кокс-кимйа истещсалында бу просес ашаьыдакы кими баш верир: Кокслашдырылан кюмцрляр кокс батарейаларынуада (bir-birinə birləşdirilmiş bir neçə elektrik elementi və ya akkumulyatorlar sırası) 1000°Ъ температурда гыздырылыр, бу заман бярк мясамяли материал-кокс ямяля эялир ки, бу да чугун яридилмясиндя редуксийаедиъи вя йанаъаг кими истифадя олунур. Кокслашма заманы, кокс иля бирликдя, тямиз кокс газы ямяля эялир.Онун тяркибиндя 300-я йахын мцхтялиф маддяляр вардыр вя онлардан чох щиссяси зярярлидир: мяс., ЪО, $Щ_2$, $ЪC_2$, $НЩ_3$, $Щ_2C$, щидроэенсианид, бензол, толуол, ксилол, фенол,пиридин,антрасен вя с. Кокс батарейаларынын долдурулмасы вя бошалдылмасы, камераларын эерметиклийи (germetik, kip -hava girməmək üçün kip bağlanmış, bərkidilmiş) позулдугда вя диэяр кянарачыхмалар баш вердикдя атмосфер тоз иля чирклянир. Бу маддялярин бзиляри ися кансероэен хассяйя маликдирляр.

Кокс кимйа мцяссисяляриндя тямиз кокс газынын емалы цзря кимйяви сехляр нязярдя тутулур. О, су иля йуйулдугда аммонйак вя аммониум дузлары тутулур. Бензол, толуол вя ксилол солйар йаьы (solyar yağı -neft distilləsindən alınan yağ) васитясиля удулур, сонра говулур вя индивидуал компонентляря бюлцнцр. Даш кюмцр гятраны ися натриум

гялявиси мящлулу иля йуйулмагла фенолун айрылмасы цчцн истифадя олунур.Нафталин кристаллашма йолу иля айырырлар. Галан $Щ_2$,ЪО вя $ЪЩ_4$-ын бир щиссяси -дюври кокс газы адландырылыр. О, кокс батарейаларынын гыздырылмасы цчцн йанаъаг кими истифадя олунур. Беляликля, кокслашма просесиндя бцтцн ялавя мящсуллар цчцн йарарлы тятбиг сащяси мцяййянляшир вя ейни заманда атмосфер щавасынын чирклянмядян горунмасы цчцн еколожи мясяляляр юз щяллини тапыр.

Республикамызда кимйа сянайесини Сумгайыт шящяриндяки цзви синтез мцяссисяляри тямсил едир. Щал-щазырда Сумгайытда атмосфери чиркляндирян тягрибян 3000 стасионар мянбя вар вя онлардан анъаг 40%-и газ вя тозтямизляйиъи гурьуларла тямин олунмушдур. Чирляндириъилярдян бязиляри, мяс., аьыр металлар вя давамлы цзви бирляшмяляр, давамлы олуб, торпагда вя гида мящсулларында топланырлар.Бязи кимйяви просесляр нятиъясиндя ися чохъ зящярли маддяляр: диоксинляр вя дибензофуринляр ямяля эялир вя атмосферя тулланыр. Щямчинин хлор-алкилин истещсал едян заводун ъивя туллантылары, нефт-кимйа сащяляринин мцхтялиф хлорлу бирляшмялри,алцминиум истещсалынын туллантыларынын тяркибиндяки щидроэенфторид, поладтюкмя истешсалынын тозунун тяркибиндя олан бир сыра аьыр металлар-гурьушун, синк, кадмиум вя с. Еколожи проблемлярдян биридир. Сумгайыт шящяри йахынлыьында диб чюкцнтцляринин тяркибиндя 0,5-1,0 г фенол, вя 0,1-0,6 г/кг ъивя вардыр. Биоложи нюгтейинязярдян,дибин бу щиссяси фактики олараг ъансыздыр вя диб фаунасы иля гидаланан бир чох балыг нювляринин йох олмасына эятириб чыхармышдыр. Бязи истещсал сащяляринин истещсал эцъцнцн азалдылмасына вя дяйишдирилмясиня бахмайараг, ятраф мцщитдя топланмыш токсики маддяляр Сумгайытда, инсан саьламлыьына тясири галмагдадыр.Бу шящярдя юлцм щаллары йцксяк олуб,мцхтялиф хястяликлярля хястялянмя нормасы, цмумреспублика сявиййясиндян 2-3 дяфя, синир системи вя няфяс органлары хястяликляри- 4 дяфя чохдур. 14 йаша гядяр ушагларда ися даща ъидди проблемляр мювъуддур. Яввялки илляря нисбятян,сирин системи, ган, няфяс вя щязм органлары хястяликляринин эюстяриъиляри артмагда давам едир.

Мцщазиря 6. Даь-мядян вя металлурэийа сянайеси

Даь-мядян сянайеси - файдалы газынтыларын чыхарылмасы вя илкин емалынын комплекс сащяляридир. Даь-мядян сянайесинин ясас 3 групу вардыр: йанаъаг, филизчыхарма, гейри-металлик файдалы газынтылар сянайеси вя даь-кимйа.

Металлурэийа сянайеси – (металлурэийа)-чыхарылан файдалы газынтыларын щазырланмасы вя зянэинляшдирилмяси,щазырланмыш хаммалдан металларын алынмасы просеси, металларын тямизлянмяси (рафиня едилмяси), металлик яринтилярин истещсалы вя йайма просеси (метал парчасына лазыми форма вермяк цчцн ону 2 вал арасындан кечирмя) ящатя едир. Металларын вя илкин филизин мцхтялифлийи иля ялагядар олараг, гара металлурэийа (дямир вя онун карбон вя диэяр елементлярля яринтиляри: полад, чугун, ферроярринтиляр) вя ялван металлурэийайа (бцтцн галан диэяр металлар вя онларын яринтиляри) айрылыр.

Гара вя ялван металлурэийа, даь-мядян сянайеси кими, айрылан газларла вя бярк туллантыларла атмосфери чиркляндирян интенсив мянбялярдян бирилир. Адятян минераллары торпагдан бир вя йа бир нечя цсулларла чыхарырлар: ачыг чыхарылма йолу иля,йералты чыхарылма (шахта, щоризонтал, маили-сямтли), мящлуллар вя йа гарышыгларын соврулмасы, вя щямчинин йералты гялявиляшдирилмя. Биринъи метода уъуз баша эялдийиня эюря даща чох цстцнлцк верилир. Лакин онун да чатышмайан ъящятляри вардыр. Мясялян, дямир филизиндян дямир филизи консентраты истещмалынын технолоэийасы схематик олараг ашаьыдакы кими тясвир етмяк олар:

- Яввялъя, цст- чюкмя сцхурлары айырмаг вя филиз йатагларыныашкарламаг цчцн, ачыб-чыхарылма ишляри апарылыр. Сонра, партлайыъы ишляр йяни, филиз карха-нада партладылыр.
- Филиз ардыъылолараг дяйирманда ири, орта вя кичик юлчцдя хырдаланыр.
- Филизин сонунъу ишлянмяси – тоз шякилли щала гядяр хырдаланмасы вя зянъин-ляшдирилмяси- зянъинляшдирилмя фабрикляринин дяйирманларында апарылыр. Зянъинляшдирилмя цчцн дямирин магнит хассясиндян истифадя олунур:дямир иля зянэин олан щиссяъикляр магнит иля тутулур, йцнэцл лазымсыз сцхур су иля йуйулур.

Даь ишляринин ачыг цсулла апарылмасы нятиъясиндя, яразинин тябии ландшафты позулур, тябиятя, биомцхтялифлийя дцзялмяз зяряр вурулур, еколожи таразлыг позулур. Филизин хырдаланмасы вя ишлянмяси просеси мин тонларла тозун ямяля эялмясиня сябяб олур.Бундан башгадямир филизинин щасилаты просеси чыхан нцмуня вя шлакларын йыьынларынын ямяля эялмясиня сябяб олур. Бцтцн буглар ися комбинатын ятрафында бюйцк яразилярин тутулмасына сябяб олур. Она эюря дя дямир филизи йатагларынын

ялавя гейри-филиз нцмуняляринин истифадя олунмасынын тятбиги(тапылмасы) чох ваъибдир. Мясялян, онлары тикинти материалларынын истещсалында истифадя етмяк олар.Шлаклары ися, ялван металлары ацырдыгдан сонра,гумм вя хырда дашлара емал етмяк олар.Азярбпйъанда даь-мядян сянайесини Дашкясян дямир филизи комбинаты вя Эядябяй мис комбинаты тямсил едир. Дашкясян комбинатынын сащяси 1200 щ-дыр ки, онун 500 щ сащясини гейри –филиз нцмунялярдир; Эядябяй комбинатынын сащяси ися-150щ-дыр. Щяр ики щалда файдалы газынтылар щасилаты ачыг цсулла апарылмышдыр. Бу ися эцълц ерозийа просесляриня, яразидя битки юртцйцнцн азалмасына эятириб чыхармышдыр. Она эюря дя бу торпагларда рекултивасийа просеси йяни,позулмуш тябии ландшафтын йенидян бярпа олунмасы просеси апарылмалыдыр. Бундан ялавя, Эянъя алунит заводунун ятраф мцщитя мянфи тясири мцшащидя олунмушдур. Бу мцяссися атмосфер щавасыны алцминиум оксид тозу иля чиркляндирир,ярази гырмызы-гящвяйи рянэя бойайыр вя гейри-нормал щава шяраитиндя ися инсанлара пис тясир едир (мяс., эюзлярин йашармасы) вя тяняффцс чятинляшир.

Гара метал истещсалынын ясасыны тябии дямир оксидляринин (магнитли дямир филизи-$Фе_3О_4$, гырмызы дямир филизи-$Фе_2О_3$, гонур дямир филизи- $Фе_2О_3 \cdot Щ_2О$) карбон оксиди(ЫЫ) вя кюмцр(кокс) иля редуксийа реаксийасы тяшкил едир. Кокс йандыгда карбон газы ямяля эятирир:

$$Ъ + O_2 \rightarrow ЪО_2$$

О да, кюзярмиш коксун цзяриндян кечяряк,ЪО ямяля эятирир:

$$ЪО_2 + Ъ \rightarrow 2ЪО$$

Карбон(ЫЫ)-оксид тядриъян филизи редуксийа едир.Бу реаксийа мцхтялиф температурларда бир нечя мярщялядя эедир.

$$Фе_3О_4 + ЪО \rightarrow 3ФеО + ЪО_2$$

$$ФеО + ЪО \rightarrow Фе + ЪО_2$$

Дямир оксидляринин редуксийасында коксун карбону да иштирак едир:

$$ФеО + Ъ \rightarrow Фе + ЪО_2$$

Филизин чыхарылмасы вя емалы щаванын чирклянмясиня сябяб олур. Хаммал щазырланаркян, филизин вя коксун домна собасына долдурулмасы заманы чох мигдарда тоз ямяля эялир. Домнада баш верян просесляр юзц дя домна собасында ямяля эялян токсики дям газынын мигдарына эюря щаванын чирклянмя мянбяйидир.

Конверторларда(полад яридилмяси заманы ишлядилян ъищаз) поладын алынмасы заманы реаксийанын апарылмасы цчцн тямиз оксиэендян истифадя олунур. Бу просес ися тцстц газларынын интенсив айрылмасы иля нятиъялянир ки, онларын тяркибиндя йцксяк мигдарда дям газы вардыр. Дямир филизляринин тяркибиндя кцкцрд бирляшмяляри вар-

дыр, она эюря дя гара металлурэийа мцяссисяляринин чыхан газларында кцкцрд бирляшмяляри вардыр. Беляликля, чыхан газлар атмосферя бурахылмаздан яввял тямизлянмялидир.

Кокс собаларыны филиз иля долдурулан заман щава тоз, сойумуш коксун хырда щиссяъикляри вя бухар иля чирклянир. Бундан башга, щавада тяркибиндя сулфидляр, меркаптанлар олан газлар да топланыр. Меркаптанлар-цзви бирляшмяляр олуб,спиртлярин кцкцрдлц аналогларыдырлар. Онларын цмуми формулу Р-С-Щ-дыр, бурада Р – карбощидроэен радикалыдыр.

Биосферя негатив тясир дяряъясиня эюря, гара металлурэийа сянайеси истилик енерэетикасы сянайеси иля бирликдя ясас йерлярдян бирини тутур. Лакин металлурэийа мцяссисяляринин туллантылары йцксяк темпертура маликдир (300-400°Ъ, бязян 800°Ъ-я гядяр) вя истилик мянбяйи кими истифадя олуна биляр. Гара металлурэийа мцяссисяляри тяряфиндян чирклянмиш щава кцляйин сцрятиндян асылы олараг, 15-25 км гядяр йайыла биляр.

Ялван металлурэийада йцксяк токсики металларын: мис, гурьушун, ъивя, кадмиум, синк, арсен вя щямчинин тяркибиндя кцкцрд, фосфор вя онун тюрямяляри олан йанмыш газларын бюйцк мигдарда айрылмасы тящлцкялидир. Мисин, гурьушун вя синкин сулфидли филизляринин йандырылмасы вя емалы атмосферя интенсив CO_2 газынын дахил олмасы иля мцшаийят олунур. Ялван металлурэийа-истилик енерэетикасындан сонра биосфери кцкцрд газы иля чиркляндириъиси кими икинъи йери тутур.

Мис филизляринин тяркибиня дахил олан ясас минераллардан бири дя мисс парылтысы вя йа халкозин $Ъу_2О$, халкопирит вя йа мис колчеданы $ЪуФеС_2$, малахит $(ЪуОЩ)_2ЪО_3$-дир. Мисин алынмасы просесини садя шякилдя ашаьыдакы кими йазмаг олар:

$$2Ъу_2С + 3О_2 \rightarrow 2Ъу_2О + 2СО_2\uparrow$$

$$2Ъу_2О + Ъу_2С \rightarrow 6Ъу + 2СО_2\uparrow$$

Мисин яридилмяси заманы чыхан газларда $СО_2$-нин гатылыьы мцхтялиф мярщялялярдя 2-8%-дир. Еля истещсал сащяляри мялумдур ки,атмосверя атылан газларын тяркибиндя $СО_2$-нин мигдары 4-10% олуб, сулфаттуршусу истещсалында олдуьу мигдардадыр.

Гурьушун вя синк адятян галенитин (ПбС) сулфидли минераллары вя сфалерит (ЗнС)-дян алыныр ки, онлар да адятян тябии хаммалда бир-бирини мцшаийят едирляр. Ясас проблемлярдян бири дя чыхан газларын тяркибиндя 6%-гядяр $СО_2$, арсеноксиди ($Ас_2О_3$), щидроэенхлорид, щидроэенфторид вя каталитик зящярляря аид олан диэяр гарышыглар олур. Ялван металлар вя яринтиляр истещсалы, вя щямчинин галваник еле-

ментляр истещсалы иля ялагядар олараг,ятраф мцщитя бир сыра елементляриндахил олмасы мцмкцндцр: мясялян, Се, Ас, Сб, Ъу, Аэ, Ср, Зн, Ъд, Щэ, Ал, Сн, Пб, Би, Мо, W, Ни.

Металлурэийа вя бир чох диэяр истещсал сащяляриндя ясас еколожи истигамятлярдян бири- тябии хаммалын комплекс шякилдя истифадя олунмасы,технолоэийаларын тякмилляшмяси,аз туллантылы вя туллантысыз истещсал сащяляринин йарадылмасыдыр. Мисал цчцн, дямирин кокссуз, домнасыз алынмасы методудур ки,бу заман дямир филизи консентратлары щидроэен газы вя йа тябии газ иля редуксийа олунур. Онларын технолоэжи просес зянъириндя домна собасында дяйишикляр,кокс истещсалы истисна олунур.Бу ися атмосферя зярярли маддялярин атылмасынын практики олараг тамамиля азалмасына,ямяля эялян тулланты суларынын мигдарынын азалмасына имкан верир. Полади стещсалында еколожи ъящятдян даща тямиз олан електрик собаларынын вя конверторларын истифадя олунмасы мягсядяуйьундур. Бу заман тулланан тозларын мигдары 8 дяфя, азот оксидляринин-10 дяфя азалыр. Полад истещсалында плазмалы просеселярдян истифадя олунмасы мягсядя уйьундур. Бу щалдаметаллурьийа агрегатында йцксяк температурлу електрик гювсц зонасына тясирсиз газ(адятян аргон) цфцрцрляр ки, о да 30000 К –ня гядяр гызыр, плазма ахыны - йцксяк температура гядяр гызмыш, мцяййян щиссяси ионлашмыш газ ямяля эятирир. Плазмадан истифадя олунмасы туллантысыз йцксяк кейфиййятли металлар алынмасына имкан верир.

Мцщазиря 7. Тикинти материаллары сянайеси

Гейри- филиз (филиз олмайан) файдалы газынтыларын йа тябии щалда йа да механики вя термики емал олундугдан сонра истифадя олунан тикинти материаллары бюйцк бир групу тикинти материалларына аиддир. Бура тикинти дашлары, гум, чынгыл, ящянэдашы, тябашир, мярмяр, эипс, эил вя с. аиддир.Бундан башга,сянайе истещсалынын мцхтялиф ъцр мящсуллары- семент, ящянэ, бетон, дямирбетон, силикатлы вя гырмызы кярпиъ, шцшя, шцшя лифи, шифер, асбест-семент мямулатлары, цзлцк лювщяляр вя с. бура аиддир.Тикинти материаллары сянайеси мялум ятраф чиркляндириъиляриня аид едилир.

Атмосферин чирклянмяси файдалы газынтыларын ачыг цсулла чыхарылмасы заманы баш верир. Щаванын тозланмасы filizin işə yaramayan laylar шяклиндя йыьылмыш даь сцхурларынын кцляк васитясиля соврулмасы нятиъясиндя артыр. Хаммалын щазырланмасы, хырдаланмасы, фраксийалара айрылмасы вя сахланылмасы просесляри ятраф мцщитин чирклянмяси иля баьлыдыр.Тикинти материаллары истещсалынын технолоҝи схеми ашаьыдакы кимидир: щасил едилмя, чатдырылма, хырдаланма, компонентлярин гатышдырылмасы, пресслямя, гурудулма, йандырылма,щазыр мящсулун габлашдырылмасы.Бцтцн бу мярщялялярдя тоз ямяля эялир. Тикинти материалларынын тозу, тяркибъя, физики-кимйяви вя механики хассяляриня эюря мцхтялиф олмасы, онун ятраф мцщитя вя инсан саьламлыьына мянфи тясирини ясасландырыр.

Чох бюйцк мигдарда тозун ямяля эялмяси семент вя диэяр бяркидиъи(йапышдырыъы) материалларын(гипс,ящянэдашы) истещсалында баш верир. Портланд (Ян йахшы семент нювц)сементини хырда доьранмыш ящянэдашы иля эилин гарышыьынын йандырма, биширмя вя сонра əzib toz halına salmaqла (цйцтмяк) алырлар.Эил иля ящянэдашы арасында мцряккяб кимйяви реаксийабаш верир. Садяляшмиш щалда буну,каолинитин сусузлашдырылмасы, ящянэдашынын парчаланмасы вя калсиум силикатын ямяля эялмяси кими эюстярмяк олар:

$$Al_2O_3{\cdot}2SiO_2{\cdot}2H_2O \xrightarrow{t,^\circ C} Al_2O_3{\cdot}2SiO_2 + 2H_2O\uparrow$$

$$CaCO_3 \xrightarrow{t,^\circ C} CaO + CO_2\uparrow$$

$$CaO + SiO_2 \xrightarrow{t,^\circ C} CaSiO_3$$

Сементин ясас компонентляри- CaO, SiO_2, Al_2O_3

Тяркиби ясасян ЪаО-дан ибарят олан сюнмямиш ящянэи, сянайедя ящянэ дашыны йандырмагла алырлар (ЫЫ реаксийа). ЪаО су иля гаршылыглы тясирдя сюнмцш ящянэ алыныр:

$$ЪаО + Щ_2О \rightarrow Ъа(ОЩ)_2 + Q$$

Сюнмцш ящянэ,семент,су, вя гумм иля гарышыьы тикинтидя истифадя олунур.

Семент истещсалында щаванын тозлулуьу ишчи зонада 100-120 мг/м^3,ящянэ истещсалында- 70-80 мг/м^3 олур. Сементин йол верилян гатылыг щядди (ЙВГЩ) ишчи зонаны щавасында 6 мг/м^3 олур. Беля заводларда тоз вя газ мянбяйи йандырма вя цйцтмя сехляридир.Ящянэдашы вя эил истещсалы заманы семент заводларынын вя кархана тозу ятраф мцщити аьыр металларла чиркляндирян мянбядир. Щямин мцяссисялярин тясири бир нечя км- ларла ятрафа йайылыр. Кархана вя семент заводу ятрафында битян аьаъларын йарпагларында Ър, Ср, Ти, Пб мигдары нормадан 2-2,5 дяфя чох олур. Ятраф мцщити чиркляндирян мцяссисяляр йашайыш йерляриндян санитар-горуйуъу зоналар васитясиля айрылмалыдырлар. Она эюря дя йашайыш массивляринин тикилиши планлашдырылан заман яразидя кцляйин ясас истигамяти нязяря алынмалыдыр.

Эипс истещсалында хаммалын итэиси ишчи зонада чох олдуьундан атмосфер щавасы 1-1,5 км яразидя тозланыр.Йанмышэипс вя алебастр -($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) ,тябии эипси - $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, 150-180°Ъ гыздырдыгда алырлар :

$$2\,(CaSO_4 \cdot 2H_2O) \xrightarrow{t,^\circ C} (CaSO_4)_2 \cdot H_2O + 3H_2O\uparrow$$

Алебастр ящянэ, гумм, су иля гарышдырдыгда суваглама ишляриндя истифадя олунур.

Гырмызы (эилли) кярпиъ щазырланмасында эил гумм вя су иля гарышдырылыр, чий-кярпиъ формасына салыныр, сонра гурудулур вя йандырылыр.Тяркибиндя чох мигдарда $Фе_2О_3$ олан эил йандырылдыгдан сонра гону рвя гырмызы рянэя бойаныр.Силикатлы (аь) кярпиъ автоклавларда 180°Ъ-температурда $Ъа(ОЩ)_2$, SiO_2 иля гыздырылмагла алырлар.

Шцш истещсалында ися кварсын (SiO_2) тозлары чох тящлцкялидир.Ади пянъяря шцшяляри истещсалы цчцн бу материаллардан истифадя олунур: кварс гуму- SiO_2, сода- Na_2CO_3 вя ящянэдашы- $CaCO_3$.Бу маддяляр йахшы гарышдырылыр вя 1500°Ъ-температура гядяр гыздырылыр:

$$Na_2CO_3 + SiO_2 \xrightarrow{t,^\circ C} Na_2SiO_3 + CO_2\uparrow$$
$$CaCO_3 + SiO_2 \rightarrow CaSiO_3 + CO_2\uparrow$$

Ямяля эялян натриум вя калсиум силикатлары артыглыьы иля гумм иля яридирляр. Беля шцшянин тяркиби - $Na_2O \cdot ЪаО \cdot 6SiO_2$-олур. Кварс бцллур шцшяляр истещсалында диэяр хаммаллардан да истифадя олунур: поташ-$К_2СО_3$,гурьушун оксиди(ЫЫ)-ПбО, вя с.

Шцшядян шцшя лифляри вя шцшя парчалары щазырлайырлар вя онлар истилик вя електрик изолйаторлар(elektrik keçirməyən material) кими истифадя олунур.

Асбест, асбест-семент мямулатлары истещсалы заманы айрылан тоз чох бюйцк еколожи тящлцкя йарадыр. Асбест-назик тяркибиндя хырда кри сталлар олан, тябии лифли материалдыр. О, истилик вя сяс изолйатору вя истийядавамлы маиериал кими истифадя олунур.Сонралар мялум олмушдур ки, аспест тозу кансероэен тясиря маликдир.

Атмосфери чиркляндирян диэяр мянбяляриндян бири дя асфалт бетон заводларыдыр. Бу истещсалат сащясиндя чоз тоз, йандырылан йанаъаьын вя гайнар битумун (битумkarbohidrogenlərdən ibarət qatranlı maddələrin ümumi adı: asfalt, neft, qudron və s.) тцстцсц ямяля эялир.

Чох заман дюшямя юртцйц кими линелеумдан истифадя олурур. Линолеум- ясасы поливинилхлорид (ПВХ)олуб, тяркибиня 40%-я гядяр фталатлар ялавя олунан, полимер цзви материалдыр. Фталатлар (фтал туршусунун дузлары вя мцряккяб ефирляри) диэяр пластик кцтля истещсалында истифадя олунур. Тядгигатлар эюстярир ки, фталатлар щейванлара кансероэен мутаэен тясир, инсанлара ися чохэцълц мянфи тясир эюстярир.

Тикинти сянайеси еля сянайе сащялриндяндир ки, орада диэяр сянайе сащяляринин туллантылары да истифадя олунур. Мясялян: фосфоэипс (фосфат туршусу истещсалынын туллантысы) таван лювщяляри, семент истещсалында; аьаъ емалы сянайеси туллантылары-ДСП (хцсуси преслянмиш аьаъ)щазырламаг цчцн, шцшя сыныглары-шцшя лифи щазырламаг,кюмцрзяъинляшмя туллантылары- йцнэцл бетон истещсалында, автомашын истещсалында резин гырыглары – щидроизолйасийа материаллары истещсалында истифадя олунур.

Мцщазиря 8.Туллантысыз технолоэийалар вя гапалы дюврляр(тсиклляр)

Ятраф мцщитин глобал чирклянмяси дюврцндя мцхтялиф технолоэийаларын ишлянилмяси вя тятбиги заманы онларын еколойи тяряфи дя нязяря алынмалыдыр. Технолоэийаларын еколоэийа тяряфинин нязяря алынмасы- антропоэен мянфи тясирингаршысыны алмаг тядбирляри нязярдя тутулур. Онлара- азтуллантысыз (ещтийатлары горуйан) технолоэийалар, ъищазлар вя аваданлыглардыр ки, сон нятиъядя минимум зярярли туллантылар алыныр. Еколоэийалашмыш технолоэийалар тябиятдя бащ верян тябии дювранлары позмур вя щармоник олараг тябии шяраитя уйьунлашдырылыр.

Онларын ясасына ашаьыдакы принсипляр дахилдир:

- Фяза йыьъамлыьы: щяр бир мцяссися минимал лазыми яразини ящатя етмялидир,онун сехляри вя шюбяляри исяашаьыдакы принсип иля ишлямялядир: еколожи тямиз мящсулун йарадылмасы→онларын сатышы → туллантыларын истещсала гайтарылмасы.
- Технолоэийаларын вя истещсалын аз туллантылы (нязяри туллантысыз) олмасы;
- Истещсал тсиклляринин гапалы олмасы тябияти тямиз сахламаьа вя тябии ещтийатлардан истифадяни азалтмаьа имкан верир.
- Туллантыларын тякрар емалы-рекуперасийа-(рекуперасийа-1. texnoloji proseslərdə sərf edilmiş maddələrin yenidən bərpa edilməsi; 2. tullantıların sənayedə istifadə edilməsi) еля сявиййяйя гядяр мцмкцн олмалыдыр ки, онлар сонра парчалана билиб вя тябии дюврана гошулсунлар.

Еколоэийанын ясас анлайышларыны билиб вя нязяря алараг, ятраф мцщитин йцксяк кейфиййятини вя инсан саьламлыьынын горумаг, тябият иля инсан арасында ихтилафын щялл етмя методларыны тапмаг олар.

Азтуллантылы (туллантысыз) технолоэийалар вя гапалы тсиклляр – ятраф мцщитин горунмасынын радикал юлчцляриндян биридир. Щяля 1979- ъу илдя Ъеневрядя азтуллантылы (туллантысыз) технолоэийалар вя мяишят туллантыларынын истифадя олунмасы щаггында бяйаннамя гябул олунмушдур.Орада онларын инкишафынынын 4 ясас истигамяти эюстярилмишдир:

1. Мювъуд тямизлямя вя тямизлянмиш ахарларын тякрар истифадя олунмасы методлары ясасында ахарсыз технолоҗи системлярин йарадылмасы.
2. Сянайе вя мяишят туллантыларынын тякрар емалы системляринин ишлянилмяси вя тятбиг едилмяси;бу заман туллантылар тякрар хаммал мянбяйи кими бахылыр.
3. Принсипиал йени методларла яняняви мящсулларын алынмасынын технолоҗи просесляринин ишлянилмясидир ки, бу да хаммалы вя енержини максимал истифадя етмяйя имкан верир.

4. Истещсалын хаммал ахынын вя туллантыларын даща гапалы гурулушларынын ярази-сянайе комплексляринин дахилиндя йарадылмасы.

Туллантысыз истещсал - истещсалын еля идеал тяшкилидир ки, бу заман туллантылар минималдыр вя йа диэяр туллантылар алынмадан тамамиля емал олунур. О, максимал игтисадя еффектиликля,тябии ещтийатларын минимал итэисини тямин едир. Беля истещсалда гапалы хаммал вя енерэетик ахынлар щяйата кечирилир ки, онлар да ятраф мцщитля тямасда олмур.

Туллантысыз технолоэийаларын критерийасы (критерийа, meyar- bir şeyə qiymət vermək üçün əsas götürülən əlamət, ölçü)- хаммал вя енержидян еля комплекс истифадясидир ки, бурада мящсулун истещсал просеси ятраф мцщитин чирклянмяси иля мцшаийят олунмур. Бу заман хаммалын, мящсулун вя туллантыларын техноэен дювраны , истещсал тсиклинин гапалы олмаьыны яввялъядян мцяййянляшдирир. Туллантысыз истещсалын бу принсипи, щям йени технолоэийаларын ишлянилмясиня вя щям дя аваданлыгларын тяртибиня, игтисади, еколожи тядбирляря аиддир. 1984-ъц илдя Дашкянддя Бейнялхалг семинарда тяйин олунан рясми гярара эюря «Туллантысыз технолоэийалар- мящсул истещсалынын щяйата кечирилмясинин еля цсулудур ки, бу заман ***хаммал ещтийатлары-истещсал-истещлак-тякрар ещтийатлар*** тсиклиндя хаммал вя енержи комплекс шяклиндя вя расионал истифадя олунур вя беляликля, ятраф мцщитя истянилян тясирляр онун фяалийййятиня мане олмурлар».

Туллантысыз технолоэийалар консепсийасына 2 истигамятдя йанашмаг олар:

1. Маддянин сахланылмасына ясасланыр ки, бурада хаммал щямишя бу вя йа диэяр мящсула чевиля биляр. Бу сябябдян еля техноложи тсикл йаратмаг олар ки,бцтцн еколожи тящлцкяли маддяляр тящлцкясиз мящсула вя йа илкин хаммала чеврилсин.

2.Щям нязяри вя щям дя практики олараг тамамиля туллантысыз технолоэийалар йаратмаг гейри-мцмкцндцр.Беля ки, енержини там файдалы ишя чевирмяк мцмкцн олмадыьындан,хаммалы да тамамиля еколожи тямиз мящсула чевирмяк мцмкцн дейил.Беляликля, «Туллантысыз истещсал» шяртидир, бу идеал бир систем олуб, щяр бир реал техноложи тсикл буна чатмаьа ъящд эюстярмялидир.

Мцщазиря 9. Mədənçıxarma, металлурэийа вя екерэетика sənayesi сащяляринин туллантыларынын истифадя едилмяси.

Кимйяви чиркляндириъи маддялярдян ялавя, истилик енерэетикасы кцл, filizin işə yaramayan layılары, шлаклар шяклиндя торпаг юртцйцнц чиркляндирян бярк туллантылар мянбяйидир ки, онлар да сонра истифадя етмяк мцмкцндцр.

Йанма заманы *бярк щиссяъиклярин(тцстц)* ямяля эялмяси ,йанаъагда бярк йанмайан материалларын мигдарындан вя карбонун там йанмасындан асылыдыр. Адятян нефтля вя газла ишляйян ъищазларда, тцстц аз ямяля эялир. Яксиня, кюмцрля ишляйян собаларда тцстцнцн мигдары чох олур. ИЕС-лярдя кюмцрцн йанмасы заманы атмосферя атылан щиссяъикляп *учуъу кцл* адланыр. Бцтювлцкдя, кюмцр- даща еколожи тящлцкяли йанаъагдыр, беля ки, чох тулланты: кцкцрд газы, щис, кцл вя шлаклар ямяля эятирир.

Истилик енерэетикасы да щямчинин иритоннажлы бярк туллантыларын: о ъцмлядян, кюмцр зянэинляшдяшдирмядя кцл, filizin işə yaramayan layılар,шлакларын мянбяйидир. Даş kömürü zənginləşdirici фабриклярдя туллантыларын тяркиби белядир: 55-60% $СиО_2$, 22-26% $Ал_2О_3$, 5-12% $Фе_2О_3$, 5%- гядяр Ъ ,1%-я гядяр ЪаО. Беляликля, бу туллантылар, мцяййян тямизлямядян сонра тикинти материаллары истещсалында (шцшя,семент) истифадя етмяк олар. Кюмцрцн зянэинляшмяси нювляриндян бири дя йанаъагда кцкцрдцн мигдарынын азалдылмасына эюря технолоҝи просесдир. Бу заман чох мигдарда колчедан типли бярк тулланты ямяля эялир ки, онун тяркибиндя 24-46% С вя 5-8% Ъ вардыр. Истилик електрик стансийаларын кцлц вя шлаклары чохкомпонентли системляр олуб, тяркибиндя силисиум, алцминиум, дямир, гяляви-торпаг металларынян вя с. оксидляри вардыр. Щяр ил онларын ямяля эялмяси млн.т. тяшкил едяряк, истифадя дяряъяси – 1-2-%-дир. Щяр ил щяр СЕС-ин яразисиндя млн.т.кцл, вя шлакдан ибарят тулланты ямяля эялир ки, онларын тяркибинлдя 25-йахын елемент: Зн, Мн, Ср, Ти, Ба вя с.вардыр. Бу металлар, шлаклардан йералты сулара кечяряк онлары чиркляндирирляр.

Ялван вя гара металлурэийа сянайесинин бярк туллантылары шлаклардан ибарят олур ки, filizin işə yaramayan layларындан тоз шяклиндя (хцсусян кцлякли щавада) атмосферя дцшцр.Металлурэийада шлакларын ясас комронентляри иля, мясялян: $СиО_2$, $Ал_2О_3$, $Фе_2О_3$, ЪаО, МэО, ФеО, МнО вя с. олмагла йанашы, шлакларларын тяркибиндя аьыр металлар,арсен,стибиум вя диэяр гарышыглар вардыр. Дцнйада рянэли металларын яридилмяси, гара металлара нисбятян чох ашаьыдыр, лакин 1т рянэли металын шлак чыхымы, 1т гара металын чыхымындан чохдур. Ялван металлурэийанын filizin işə yaramayan lay шлакларында чох заман гиймятли компонентлярин мигдары, чыхарылан тябии филизлярдя олдуьундан чохдур.Беля ки,бязи гиймятляндирмяляря эюря, мис яритмя заводларында filizin işə yaramayan lay шлакларында 27 млн.т Фе,335 млн.т. Ъу вя

2 млн.т. Зн вардыр. Гурьушун заводларынын filizin işə yaramayan lay шлакларында 3 млн.т Фе,70 мин.т. Ъу,150 мин.т Пб вя 900 мин.т. Зн вардыр. Беля шлаклар гиймятли металлары айырмаг мянсяди иля мцтляг емал олунмалыдыр. Беля ки, ейни заманда щям игтисади вя щям дя еколожи мясяляляр щялл олунур вя бунунла да ятраф мцщитин аьыр металларла чирклянмясинин гаршысы алыныр.

Гара металлурэийанын вя мядянчыхарма сянайесинин ясас туллантылары – дямир филизляри чыхарылан заман ямяля эялян ашкарлама ишляринин туллантылар, домна вя поладяритмя шлакларыдыр. Ясас мясяля ися дямир филизи йатагларынын гейри-филиз сцхурларынын истифадя олунмасыдыр.Онлары чох заман тикинти материаллары(семент,ящянэ, чынгыл вя с) истещсалында истифадя олунур.Мясялян,ашкар олунан şistляр (lay-lay quruluşlu süxur) вя эилляр керамзит истещсалы цчцн,шистлярин хырда галыглары вя мядянзянэинляшмя комбинатларынын магнитля айырма туллантылары- силикатлы кярпиъ истещсалында истифадя олунур.Бу заман ящянэин вя гумун сярфи азалыр.

Шлаклар вя кцлляр –гара вя ялван металлурэийанын ялавя мящсулларыдыр-тикинти материаллары истещсалы цчцн ясас материаллардыр.Онлары ,семент,бетон, йол тикинти дашлары, кцл-шлаклы чынгыл, бцзцшдцрцъц материаллар (эипс вя ящянэ) истещсалында ялавяляр кими истифадя олунур.

Рянэли металлурэийанын шлаклары, онлардан гиймятли металла вя диэяр гиймятли мящсуллар алмаг мягсяди иля емал олунурлар. Мясялян, електрик собаларында шлак яринтиляринин кокс вя ящянэдашы гарышыьыиля редуксийа олунмасыдыр ки,ашаьыдакы схем иля баш верир:

$$2(MeO \cdot SiO_2) + 2CaCO_3 + C \rightarrow 2Me + 3CO_2 + 2(CaO \cdot SiO_2)$$

Ямяля эялян калсиум силикат – $CaSiO_3$ –тикинти материаллары истещсалы цчцн йахшы хаммалдыр. Мис filizin işə yaramayan кющня layларынын емалы цзря заводлар бу технолоэийа цзря ишляйирляр. Ялван металларын айрылмасындан сонра шлаклар вя чынгыллар тякрар олуна биляр вя йол тикинтисиндя истифадя олунмасы мягсядяуйьундур. Филизин комплекс истифадя олунмасынын нцмуняси кими вя туллантысыз технолоэийаларын йаранмасы пиритдян сулфат туршусунун алынмасыдыр. Пиритин тяркибиндя ялван металларын-мис, синк, гурьушун вя с. мигдары вардыр. Туллантысыз истещсалын тяшкилиндя бу металлары айырмаг мцмкцн олур. Пирит йандыгда ямяля эялян $Фе_2O_3$ бойа вя семент истещсалында истифадя етмяк олар.

Мцщазиря 10. Тулланты газларынын сянайедя тямизлянмя методлары

Щаванын чирклянмясинин гаршысыны алмаг цчцн 2 цсул вардыр: 1.йени технолоэийаларын тятбиг олунмасы, 2.тулланты газларынын тямизлянмяси. Тулланты газларында газшякитлли гарышыгларын тямизлянмяси, удуъу маддянин сятщиндя вя йа бцтцн щяъминдя онларын цмуми принсипля диффузийасына ясасланыр. Бярк сятщлярдя чиркляндириъи молекуллары тутула билирляр, лакин катализаторун сятщиндя ися диэярйяни аз токсики маддяляря чевриля билирляр. Молекуллар щямчинин. майе сятщ тяряфиндян абсорбсийа олунуб,абсорбентля кимйяви вя йа физики гаршылыглы тясирдя олуб,тящлцкясиз маддяляр ямяля эятирирляр.

Газларын абсорбсийасы йа ахарагаршы цсулла йяни,газ вя майе бир-бириня якс истигамятдя, вя йа дцз ахарлы цсулла,йяни щяр икиси ейни истигамятдя щярякят едир. Зящярли газларын гатылыьы йцксяк олдугда (1% вя даща чох), якс истигамятли цсулдан истифадя олунур. Ашаьы гатылыглы зящярли газлары тямизлямяк цчцн ися дцзахарлы skrubberдян (qaz təmizləyən cihaz, тямизляйиъи гцлля) истифадя едирляр вя бу заман газ иля майенин контакт сащяси артыр.

Диэяр тямизлянмя цсулу ися газ ахынын аловда йанмасыдыр.Бу цсул тяркибиндя оксиэен вя азот олан карбощидроэенляр вя цзви маддялярин йандырылмасы цчцн истифадя олунур. Бу заман гарышыгларын молекуллары $ЪО_2$ вя $Щ_2О$-йа гядяр оксидляшир.Тяркибиндя кцкцрд вя хлор олан гарышыглары йандырмырлар, чцнки онлар йандыгда $СО_2$, $Щ_2О$ вя ЩЪл ямяля эятирирляр. Бцтцн бу цсуллар сянайе системляриндя газ туллантыларынын тямизлянмясиндя истифадя олунур.

Зящярли газларын гатылыьы 0,1%-дян аз олддугда майе иля ислатма системляри даща еффективдир. Бу системлярдя щидроэенсулфид, кцкцрд 4-оксид, аммонйак, азот оксидляри вя с. удулур. Яэяр тямизлямя просеси катализатор иштиракы иля апарылырса,онда гарышыгларын молекуллары актив мяркязлярдя чюкцр. Вахт кечдикъя катализатор юз активлийини итиряряк, йа дяйишилмяли вя йа реэенерасийа олунмалыдыр.

Кцкцрд 4-оксид металлурэийанын,истилик енерэетикасынын туллантысы олуб, суда пис щялл олур,она эюря дя онун удулмасы цчцн гяляви мящлуллар вя йа бярк гялявилярдян истифадя едирляр. Бу заман кцкцрд 4-оксид тутулур, тямизлянир вя сулфат туршусу, кцкцрд, аммониум сулфат истещсалында истифадя олунур. Ящянэдашы, ящянэ истифадя етдикдя калсиум сулфат ямяля эялир:

$$CaO + SO_2 + 1/2O_2 \rightarrow CaSO_4$$

Калсиум сулфатын гуру тозуну газ ахынындан гуру тямизлямя методу иля вя йа скруббердя йумагла айырырылар. Гуру тямизлямянмн еффективлийи 40-70%, йаш цсулла

ися 90%-дян артыг олур. Еффектив реаэент кими щямчинин газ шяклиндя 150°Ъ температурда аммонйакдан истифадя едирляр:

$$2NH_3 + SO_2 + H_2O \rightarrow (NH_4)_2SO_3$$

$$NH_3 + SO_2 + H_2O \rightarrow NH_4HSO_3$$

Газлар скруббердя су иля йуйулур, галан мяшлул NaOH иля реаксийайа эирир:

$$(NH_4)_2SO_3 + 2NaOH \rightarrow Na_2SO_3 + 2NH_3 + 2H_2O$$

$$NH_4HSO_3 + NaOH \rightarrow NaHSO_3 + NH_3 + H_2O$$

SO_2-нин беля просеслярдя еффектив айрылмасы 95%-дян чохдур. Ян садя просеслярдян бири SO_2-нин SO_3-я оксидляшмясидир:

$$SO_2 + 1/2O_2 \rightarrow SO_3$$

Бу просесдян адятян сулфат туршусу истещсалында 450-600°Ъ температурда апарырлар.

Азот оксидляри ясасян,йанма просесиндя айрылыр. Бцтцн туллантыларын демяк олар ки, йарысы няглиййатын пайына дцшцр ки, бу да, електрик енержиси вя сянайе мцяссисяляринин бирэя ъяминя бярабяр олур. Ямяля эялян газларын щяъмляри нисбятян аз олур вя онларын тямизлянмяси цчцн калсиум вя йа натриум щидроксид,натриум вя йа аммониум карбонатдан истифадя едирляр, лакин бу просеслярин еффектифлийи 70%-%-дир:

$$2NO_2 + Na_2CO_3 \rightarrow NaNO_2 + NaNO_3 + CO_2$$

Газлар цчцн дальавары гармаглардан кечяряк майе иля исладылан тямизлямя системляри перспектив щесаб олунур. Беля гурьуларда тямизлямянин еффективлийи 90%-дир. Газларын азот оксидляриндян тямизлямяк цчцн чох заман редуксийаедиъи методдан истифадя едирляр. Редуксийаедиъилярдян истифадя олунмасы азотун дефиксасийасына (фиксасийа - müəyyən etmə) сябяб олур:

$$2Na_2S_2O_3 + 6NO \rightarrow 3N_2 + 2Na_2SO_4 + 2SO_2$$

$$2NaHSO_3 + 2NO \rightarrow N_2 + 2NaHSO_4$$

Абсорбсийа просеси тябягя, гармаглы, бошгаблы вя с. гурьуларда апарылыр. Щидроэен-сулфид кюмцрцн газлашдырылмасында, кцкцрд вя кцкцрдлц бирляшмяляр иштирак едян реаксийаларда ямяля эялир. Тябии газда чох мигдарда щидроэенсулфид вардыр. Газын щидроэенсулфиддян тямизлянмяси ваъибпросесдир, чцнки, о, йцксяк коррозийалы активлийя маликдир вя газын боу кямяри иля дашынмасында онун мигдары чох кичик олмалыдыр.бундан башга,газлар йандыгда SO_2 ямяля эялир, щямчинин газын йанмасындан яввял щидроэенсулфиддян тямизлянмяси .ямяля эялян SO_2 -дян тямизлямясиндян даща асандыр.

Тябии газда аз мигдарда аммонйак (~1%) олмасына бахмайараг,онун мигдарынын ялавя едилмяси еффективдир. Нятиъядя аммониум сулфат ямяля эялир. Бязі просеслярдя щидроэенсулфидин реэенерасийасы цсулу иля вя атмосфердяки оксиэендян истифадя етмякля кцкцрд алмаг олар. Щямчинин башга методлар да тяклиф олунмушдур:

$$H_2S + Na_2CO_3 \rightarrow NaHS + NaHCO_3 \text{ (абсорбсийа мярщяляси)}$$

вя кцкцрдцн ямяля эялмяси:

$$2NaHS + H_2S + 4NaVO_3 \rightarrow Na_2V_4O_9 + 4NaOH + 2S$$

Бирляшмялярин удулмасы цчцн, ийли олдугларына эюря, адятян активляшдирилдмиш кюмцрдя адсорбсийа едирляр, аловда вя йа катализаторун сятщиндя йандырырлар. Активляшдирилдмиш кюмцрдя адсорбсийа аминлярин, цзви маддялярин (меркаптанлар, крезол вя с.) dezodorasiya едилмяси (kimyəvi üsulla pis qoxuları yox etmə) вя из мигдарларынын айрылмасында эениш истифадя олунур. Сонар ону тясирсиз газ атмосфериндля 600-650°Ъ-дя гыздырмагла реэенерасийа едиб вя онй йенидян истифадя етмяк олар. Лакин беля адсорбентин активлийи илкин вязиййятиндян бир гядяр зяиф олур.

Щаванын тцстц, кцл вя йанаъаьын натамам йанма мящсулларындан ибарят олан хырда дисперс щиссяъиклярля чирклянмяси эениш йайылмышдыр. Адятян газларын бярк гарышыглардан тямизлянмяси цчцн, онлары камерадан кечирирляр ки, бурада да гравитасийа, електростатик, термики, мяркязя гачма вя йа яталят гцввяляринин кюмяйи иля щиссяъиклири газ ахынындан айырырлар. Тутулманын еффективлийи газын камерада галма мцддятиндян вя гравитасийа гцввяляринин тясири алтында щиссяъиклярин кечдикляри мясафядян асылыдыр. Ону гейд етмяк лазымдыр ки,газын ахын сцряти, щиссяъиклярин сцрятиндян аз олур.

Електрофилтрлярдя ися зяиф гравитасийа гцввяляриня нисбятян даща эцълц олан вя йцклянмиш щиссяъикляря тясир едян електростатик гцввялярдян истифадя олунур. Шагули лювщяляря тозцн чюкмясиндян сонра онлары чырпмагла тямизлямяк олур ки, бу заман чюкцнтц ашаьыйа тюкцлцр. Електрик-чюкмя тся сянайедя сементин йандырылмасы заманы ямяля эялян вя йа бярк йанаъагла ишляйян ИЕС-ин ишлямяси заманы ямяля эялян газларын тямизлянмяси цчцн эениш истифадя олунур. Сиклонларда(сиклон-havanı və qazları tozdan təmizləmək üçün cihaz) тоз щиссяъикляри щярякят едян газ ахыны иля бирликдя вя мяркязя гачма гцввяляринин тясири нятиъясиндя диварла чюкцр.

Филтрасийада олдуьу кими,хырда щиссяъиклярин йаш цсулла тозларын тутулма-сында яталят гцввяляри ясас ролу ойнайыр. Газ ахыны филтрлярдя лифлярдян вя йа скрубберлярдя дамъылардан кечир; бу заман щиссяъикляр онларла тоггушур вя тутулур.

Филтр олунан газда тозун мигдары аз оларса, мясялян, атмосфер щавасында, назик лифли филтрляр даща еффективдирляр. Онлары, тямизлянмядян бир нечя ай ишлятмяк олур. Йцксяк гатылыглы тоза малик сянайе газларынын тямизлянмяси цчцн боруъуглара вя йа барабанлара(барабан- müxtəlif maşınların və mexanizmlərin silindrşəkilli hissə) кечирилмиш филтр парчадан истифадя едирляр. Тоз онларын цзяриня чюкцр, чюкцнтц ямяля эялир вя о да, юзлцйцндя еффектив филтр материала чеврилир. Мцяййян мцддятдян сонра чю-кцнтцнц орадан чырпма вя йа цфцрмя цсулу иля тямизляйирляр. Бу ямялиййатдан сонра филтрлямя просесинин еффектифлийи бир гядяр азалыр, чцнки, йени чюкцнтцнцн ямяля эялмясиня вахт тяляб олунур.Йаш цсулла тозун тутулмасы гурьусуна якс ахынлы суварма гцлляляри, мцхтялиф скрубберляр аиддир ки, бурада газ ахыны су лайындан кечир. Бцтцн щалларда скрубберин еффективлийи, истифадя олунан дамъыларын юлчцсц кичик ол-дугъа, бюйцкдцр.Бцтцн гейд олунан тозтутуъулар кимйа,металлурэийа вя хырда щис-сяъикляр ямяля эялян диэяр сянайе сащялярлиндя эениш истифадя олунур. Цмумиййятля, щиссяъиклярин юлчцсц кичик олдугъа, тулланты газларынын тямизлянмяси цчцн о гядяр дя, мцряккяб вя мцкяммял гурьулар тяляб олунур.

Мцщазиря 11. Сянайе тулланты суларынын тямизлямя цсуллары

Тулланты сулары ашаьыдакы хцсусиййятлярля характеризя олунур:

1.Буланыглыг

2. Суспензийа олунмуш бярк маддялярин мигдары (млн$^{-1}$)

3.Щялл олмуш маддялярин цмуми мигдары (млн$^{-1}$)

4.Туршулуг (пЩ)

5.Щялл олмуш оксиэенин гатылыьы (млн$^{-1}$); $Mn(OH)_2$ вя KJ гаршылыглы тясириндян айрылан йодун мингдарына эюря тяйин олунур; айрылан йод тиосулфат иля титрлянир:

$$2Mn(OH)_2 + O_2 \rightarrow 2H_2MnO_3$$

$$H_2MnO_3 + 2KJ + 2H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + MnSO_4 + 3H_2O + J_2$$

$$J_2 + 2Na_2S_2O_3 \rightarrow Na_2S_4O_6 + 2NaJ$$

6. «Перманганат нцмуняси»- оксиэенин млн.–да бир щиссясиндя гейри-стабил цзви мадлдялярин гатылыьыны характеризя едир.

7.Оксиэенин биокимйяви Тялябаты (ОБТ)-Тулланты суларында (млн$^{-1}$) мцяййян вахт ярзиндя гейри-стабил цзви мадлдялярин аероб биокимйяви оксидляшмясиня (парчаланмасына) сярф олунан оксиэенин мигдарыдыр.ОБТ 5 суткалыг ($ОБТ_5$), 20 суткалыг ($ОБС_{20}$) вя вахтдан асылы олмайан цзви мадлдялярин там оксидляшмяси заманы - ($ОБТ_{там}$).

8. Оксиэенин Кимйяви Тялябаты (ОКТ)- нцмунядя олан цзви маддялярин цмуми мигдарыны характеризя едир. ОКТ-маддялярин $ЪО_2$, $Щ_2О$, нитратлара, сулфатлара, фосфатлара гядяр оксидляшмяси цчцн лазым олан 1 литр су цчцн оксиэенин мг вя г иля мигдарыдыр. ОКТ вя ОБТ-нин юлчц ващиди ейнидир: мг O_2/л. ОБТ вя ОКТ - су обйектинин антропоэен евтрофикасийасынын тящлцкя юлчцсц кими бахмаг олар.

Тулланты суларынын ясас компонентляри йаьлар, зцлаллар, карбощидратлар, детерэентляр, туршулар вя с.-дир.Тулланты суларынын тяркибиндя щямчинин минерал маддяляряин, щялл олмуш дузларын, вирусларын,

бактерийаларын щиссъикляри вардыр. Туллаты суларынын тямизлянмяси 3 мярщялядя апарылыр:

Илкин емал-тулланты суларындан бярк маддялярин ири щиссъикляри айрылыр, бу заман майе фазада коллоид вя щялл олмуш маддяляр галыр.

Икинъи емал- биокимйяви просесляр васитяси иля тулланыт суларындан цзви маддялярин ясас кцтляси айрылыр, сонра тябии биокимйви просесляр тябии су щювзяляриндя тямизлямя просесинин тамамлайырлар.

Цчцнъц дяфя емал-икинъи (тякрар) емалдан сонра тулланты сулары ичмяли су алмаг цчцн истифадя олунур. Бу цсул мящдуд истифадя олунур.

Тулланты сулары механики, кимйяви, физики-кимйяви, биоложи вя термики методлар иля тямизлянир. Бу методлар 2 йеря: rekuperasiya (texnoloji proseslərdə sərf edilmiş maddələrin yenidən bərpa edilməsi; tullantıların sənayedə istifadə edilməsi) вя деструктив (bir şeyin normal quruluşunun pozulması) бюлцнцр. Рекуперасийа методу гиймятли маддялярин тулланты суларындан айрылмасыны вя сонрадан емалыны нязярдя тутур. Деструктив метода чиркляндириъи маддяляр оксидляшмя вя редуксийа васитясиля парчаланмасына ясасланыр. Парчаланма мящсулларыны судан газ вя йа чюкцнтц шяклиндя айырырлар.

Механики тямизлямя. Тулланты суларынын механики тямизлянмя методу бярк щялл олмайан щиссъиклярин айрылмасы заманы истифадя олунур. Бу мягсядля сцзмя, дурулма вя сцзэяъдян кечирмя методларындан истифадя едирлдяр. Суйун тор васитяси иля сцзэяъдян кечирилмяси цчцн ири дисперс (parçalanmış) гарышыглардан айырырлар. Даща кичик щиссъикляр ися чюкмя вя сцзмя методу иля айырырлар. Бу просессляри идентификасийа етмяк цчцн тулланты суларына коагулйантлар ялавя едир вя йа щидросиклонларда (havanı və qazları tozdan təmizləmək üçün cihaz) вя сентрфугаларда (sentrifuqa -qarışıq maddələri (mayeləri) mərkəzdənqaçan qüvvə vasitəsilə tərkib hissələrinə ayıran cihaz) мяркязя гачма гцввяи иля тясир едирляр. Йыььъыларда сятщдя цзян (гатлар, кюпцкляр, йаьлар) вя дибя чюкян

маддяляр айрылыр. Илкин йыььъылардан чюкцнтц ,метана емал цчцн вя йа бирбаша гурудулмайа вя сонра йандырмаьа автоклава дахил олур.

Кимйяви методлар. Тулланты суларындан щялл олмуш гарышыглары айырмаг цчцн кимйяви тямизлямя методларындан истифадя олунур. Метод мцхтялиф реаэентлярин истифадя олунмасына ясасланыр. Бурада онлар суйа ялавя едилдикдя зярярли маддяляр иля кимйяви реаксийайа эирирляр. Нятиъядя гарышыглар аз токсики маддяляр алынмагла йа оксидляшир вя йа редуксийа олунурлар; вя йа аз щялл олан бирляшмяляр кечириляряк, чюкцнтц шяклиндя айрылырлар. Нейтраллашма вя актив хлор иля, щаванын оксиэени иля, озон иля оксидляшмя методлары даща эениш йайылмышдыр. Бу заман хлор, озон бактерийаларын мящв олмасы цчцн (зярярсизляшдирилмяси)цчцн еффектив истифадя олунур,лакин бу маддяляр вируслара демяк олар ки, тясир етмир. Вируслар бактерийаларын кюмяйи иля мящв олур, онлар да филтр олунмагла вя йа стерилизасийа едилмякля айырырлар.

Физики-кимйяви методлар. Бу методлары тулланты суларындан суспензийа вя емулсийа шякилли гарышыгларын, щямчинин щялл олмуш гейри-цзви вя цзви маддялярин айрылмасы цчцн истифадя олунур. Бу методлара коагулйасийа вя флотасийа флотасийа, иондяйишмя, адсорбсийа, екстраксийа, якс осмос вя ултрафилтрасийа, кристаллашма, дистилля, рефтификасийа, електродиализ, дезодорасийа аиддир. Кюзярмиш кюмцрдя сорбсийа, щялл олмуш вя чюкмыш гарышыглары айырмаг методларынын ян еффективлисидр. Яввялъядян кюмцр 950°Ъ-йя гядяр гыздырмагла активляшдирилир. Беля кюмцрцн сятщи ароматик вя шахялянмиш зянъирли бирляшмяляря нисбятян даща активдир

Чох заман суда кичик бярк щиссяъикляр (диаметри 2 мкм-дян кичик) иштирак едир ки, онларын йцкляри ейни(адятян мянфи) олур. Бу ися ионларын дибя чюкмясиня Мане олур вя щиссяъикляр асылган вязиййятдя олурлар. Беля щалларда суйа тяркибиндя мцсбят ионлар (Ал, Фе) олан коагулйантлар ялавя едирляр ки, онлар да беля щиссяъикляри юзцня чякир.

Бунун нятиъясиндя онлар бюйцк акрегатлар шяклиндя бирляшир вя тез чюкмяйя башлайырлар. Електрокимйяви методлар йени цсуллара аид едилир. Тулланты суйу дяниз суйу иля 3:1 нисбятиндя гарышдырылыр вя електролиз олунур. Беля шяраитдя фосфатларын мигдары 90-95%, азотун мигдар ися 70% азалыр. Ямяля эялян сон мящсул шяффаф олур, тяркибиндя аз мигдарда бактерийалар олур вя онй дянизя ахытмаг олар.

Биокимйяви методлар. Бу методлар тулланты суларынын микроорганизмляр тяряфиндян оксидляшян цзви гарышыглардан зярярсизляшдирмяк цчцн ясас методлардан бири щесаб олунур. Практикада тябии шяраитдя (суварма нощурларында, филтрасийа сащяляриндя вя биоложи нощурларда) вя сцни гурьуларда (биофилтрляр) баш верян аероб просеслярдян истифадя олунур. Бактериал тямизлямя филтрляринин диаметри 40 м вя даща чох тяляб олунур; бир филтрин еффектифлийи 80%-гядяр олур. Адятян бактериал филтрляр цчцн бюйцк мигдарда филтрляймъи маддяляр Еффективлийи артырмаг цчцн бир серийа филтр гошулур вя йа ахынын ресиркулйасийасындан истифадя олунур. Бактериал тямизлямянин танклары (танк-içində maye saxlamaq və ya daşımaq üçün xüsusi bak) дцзбуъаглы вя йа силиндрик формада олур. Аероб просеслярин еффективлийини артырмаг цчцн температур, бол эцняш ишыьы вя оксиэен тяляб олунур. Она эюря дя су тябягясинин галынлыьы 3,5-7,0 м-дир вя щава вентилйаторлар васитясиля верилир диффузорлар васитясиля пайланыр. Просес 1,5-3 саат давам едир ки, бу да филтр васитясиля тямизлямя просесиндян 2 дяфя тез баша эялир. Биоложи тямизлямя апарылан су, су щювзясиня йенидян гайтармаг цчцн артыг тямиз щесаб олунур. Яэяр сонракы тямизлямя ваъибдирся, мясялян, суйун шящяр су тясяррцфатына гайтарылмасы заманы, онда цчцнъц дяфя тямизлямя апарылыр. Бунун цчцн активляшмиш кюмцр васитясиля сцйун дурулмашдырылмасы апарылыр, азот, фосфор бирляшмяляриндян тямизлянмяси, хлор, озон, УБ шцаланма вя йа коллоид эцмцш васитясиля стерилизасийа (зярярсизляшдирилмя) апарылыр. Сянайе тулланты сулары чох заман биоложи цсул иля

парчаланмыр. Бу туллантылардан чох щиссяси, гейри-сянайе туллантыларыны парчалайан микроорганизмляр цчцн зящярдир, она эюря дя сянайе вя мяишят тулланыт суларынын тямизлянмяси айры-айрылыгда тямизлянир. Металларын,огларын дузларынын, радиоактив изотопларын айрылмасы чятинликляр тюрядир. Бир чох металлар (Ъд,Щэ,Пб,Бе вя с.) чох токсики олдугларындан онларын из мигдарларыны да айырмаг лазымдыр. Бунун цчцн ч.кмя, иондяйишдириъи просесляр вя екстраксийа методларындан истифадя олунур. Катионун максимал мигдарыны чюкдцрмяк йчцн уйьун анионун артыг мигдары ялавя олунур. Мясялян, Щэ(Ы) ионларынын максимал чюкмяси цчцн хлорид-иионларынын артыьы ялавя едилир. Катионитлярдя иондяйишмя нятиъясиндятоксики тясиря малик олан (Пб, Ъу, Зн, Щэ, Ър, Ни) бир чох металлары айырмаг мцмкцндцр.

Ятраф мцщити чиркляндирян радиоактив маддяляр 3 йеря бюлцнцр: гыса мцддятли ($т_{1/2}$≤14 эцн); орта мцддятли ($т_{1/2}$≤100 ил); узун мцддятли ($т_{1/2}$≥100 ил). Гысамцддятли радиоактив туллантылары яввялъя гатылашдырырлар;сонра ися суйун алтын вя шахтайа йерляшдирирляр ки, активлийи 0-а гядяр дцшсцн. Сонра бу туллантылары емал етмяк олар. Ортамцддятли радиоактив туллантылара мисал олараг ^{90}Ср эюстярмяк олар ки, парчаланма периоду 23 илдир. Беля мящлуллары гатылашдырыр вя пасланмайан поладдан щазырланан щерметик баьлы чяллякляря долдуруб, океанын 10 км дяринлийиня атырлар. Щесабланмышдыр ки, беля чяллякляр радиоактив маддя там парчаландыгдан сонра даьылыр.

Мцщазиря 12

Сянайе туллантыларынын турш вя шоран торпагларын мелиорасийасы цчцн истифадя олунмасы

Торпаг юртцйц кимйяви ъящятдян эениш рянэарянэ спектря маликдир: турш, нейтрал вя зяиф гяляви торпаглар, шоранлар, дузлу торпаглар.

Сон заманлар тятбиг олунан суварылма ири яразилярдя еколожи вязиййятин кяскин дяйишмясиня эятириб чяхарыр вя торпаг-кимйяви просесляринин характерини вя истигамятини дяйишдирир, бир сыра негатив просесляри йарадыр. Суварманын дцзэцн апарылмамасы, суварма суларынын кейфиййятинин ашаьы олмасы торпаьын тякрар шоранлашмасына, гялявилийинин армасына, щумусун итмясиня сябяб олур. Торпаьын шумланмасы, эцбрялярин верилмяси, суварылма, гурудулма, диэяр мелиоратив ишляр тябии кимйяви реаксийалары вя просесляри интенсивляшдирир вя сцрятляндирир. Мелиорасийа заманы торпаьын хассяляринин ясаслы дяйишмяси баш верир. Айры-айры суварылма,биткилярин гидаландырылмасы цчцн эцбрялярин верилмяси-торпаьа дейил, биткийя тясир щесаб олунур. Мелиорасийанын мцхтялиф нювляри вардыр.

Кимйяви мелиорасийа торпаьын щумусунун, туршулуг вя гялявилийинин, дузлулуг, явязолунан катионларын тяркиби, оксидляшмя-редуксийа режиминин идаря олунмасны йюнялир. Онлар,цзви вя минерал эцбрялярин, кимйяви мелиорантларын (эипс, ящянэ) торпаьа верилмяси иля щяйата кечирилир. Бу заман, торпаьын тяркибиндя олмайан маддяляр, мясялян, фосфогипс, дямир купоросу, полимер материаллар вя с. истифадя олунур.

Кимйяви мелиорасийа дедикдя, торпаьа олунан бцтцн тясирляр, йяни торпагда бцтцн кимйяви реаксийаларын апарылмасы вя онун кимйяви тяркибинин дяйишмяси цчцн апарылан дяйишикликляр аиддир. Минерал эцбрялярин ади гайда иля верилмяси мящсулун артмасынын тямин едир, лакин яэяр ялавя ишляр апарылмасы, онда торпаьын деградасийасы (деградасийа-tənəzzül, xarablaşma, pisləşmə) баш верир.Радионуклидляр вя аьыр металларла чирклянмиш торпаьын мелиорасийасы цчцн сеолитлярдян истифадя етмяк тяклиф олунур. Ящянэлямя йолу иля апарылан кимйяви мелиорасийа бцтцн тур торпаглар цчцн ваъибдир.

Ящянэля эцбрялямянин апарылмасында мягсяд турш торпаьларда реаксийаларын тянзимлянмяси вя торпаг комплексинин калсиум ионлары иля зянэинляшдирилмясидир. Мелиорасийа васитяляри кими тябии калсиум карбонатын ЪаЪO_3 мцхтялиф вариантлары (ящянэ вя доломит уну, эюл ящянэи, ящянэли торф) истифадя олунур. Турш торпагларда калсиум карбонатын щяллолмасы артыр вя ашаьыдакы реаксийа эедир:

$$TH_2 + CaCO_3 = Tca + CO_2 + H_2O,$$

Т-Торпаг удуъу комплексдир.Бу заман ики мясяля щялл олунур:туршулуъун нейтраллашмасы вя реаксийа мящсулларынын айрылмасы. Бундан башга,йер гатына йахын гат фотосинтез цчцн ваъиб олан $ЪО_2$ иля зянэинляшир. Йяни, калсиум карбонат турш торпагларын мелиорасийасы цчцн практики оптимал васитядир. Бундан ялавя, калсиумун мцхтялиф карбонатлары тябиятдя эениш йайылмышдыр вя ялверишлидир.

Торпагда мцбадиля цчцн алцминиум олдугда аналожи олараг,лакин мцхтялиф вариасийаларла реаксийалар баш верир вя йа ящянэлямя цчцн сюнмцш ящянэ истифадя олунур:

$$TAl_2 + 3CaCO_3 + 6H_2O = TCa_3 + 2\,Al(OH)_3 + 3CO_2 + 3H_2O$$

$$TAl + 3Ca(OH)_2 = TCa_3 + 2Al(OH)_3$$

Торпаг удуъу комплексин «валент»-лийи шярти гябул едилмишдир. Алцминиум бу формада фяалдыр вя биткиляря токсики тясир эюстяря биляр. Она эюря дя онун мигдары чох оларса пЩ-ын стабиллийини тямин етмяк лазымдыр. Турш торпагларын ящянэлянмяси пЩ-ын гиймятини артырыр ки,бу да дямир вя алцминиум щидроксиднин, фосфатларын щялл олмасына тясир эюстярир. Ящянэлямя-торпагдан аьыр металларын вя радионуклидлярин биткиляря дахил олмасыны азалдан цсуллардан биридир. Торпагда адятян раст эялинян аьыр металларын вя стронсиумун бирляшмяляри турш мцщитдя асан щялл олурлар, она эюря дя пЩ-ын артмасы онларын активлийини азалдыр. Щямчинин калсиум карбонатын истифадя олунмасы дузлаг вя шоран торпагларын мелиорасийасы цчцн тяклиф олунмушдур. Лакин $ЪаЪО_3$-ын аз щялл олмасы нятиъясиндя торпаг комплексиндя натриум ионларынын чыхарылмасы йаваш эедир, бундан башга, бу заман сода ямяля эялир ки,бу да токсики дузлардан биридир:

$$TNa_2 + CaCO_3 = TCa + Na_2CO_3$$

Гейд етмяк лазымдыр ки,бу заман гяляви реаксийа баш верир.

Эипсля эцбрялямя. Дузлагларын кимйяви мелиорасийасынын яняняви методулур, бу заман дузлаглара вя шоран торпаглара эипс $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ гатылыр. Бу заман реаксийа баш верир ки, бу да мцбадиля олунан натриумун айрылмасына вя онун калсиум ионлары иля явяз олунмасына сябяб олур:

$$TNa_2 + CaSO_4 = TCa + Na_2SO_4$$

Калсиумун торпаьа ялавя олунмасы, онун гурулушуну вя физики хассяляринийахшылашдырыр. Бу заман токсики натриум сулфат тямизлянмялидир. Тябии эипс дашы азтапыландыр вя тикинти сянайеси цчцн хаммалдыр. Она эюря дя мелиорасийа цчцн тярки-

биндя йцксяк мигдарда эипс олан мцхтялиф сцхурлардан, мясялян, сцдрянэли-аь чынгыллы сцхурлар, эилли-эипс, карбонатлы-эипсли сцхурлар дан истифадя едирляр. Тябии материалларла йанашы кимйяви мелиорасийа цчцн сянайе туллантыларынын бир чох нювляри истифадя олунур.Бура аиддир: мясялян, фосфоэипс-пигментляр, фосфат туршусу, суперфосфат истещсалынын иритоннажлы туллантысыдыр. Эипс иля бирликдя онун тяркибиндя сярбяст туршулар: сулфат, ортофосфат, ортосиликат туршулары вардыр.

Мцщазиря 13

Сянайе вя мяишят туллантыларынын цзви эцбря кими истифадя олунмасы

Бизим планетдя торпаг ямяляэялмя просеси ибтидаи организмлярин щяйат фяалиййятинин мящсулларынын йыьылмасы нятиъясиндя башламышдыр. Микроорганизмлярин цзви маддяляри даща мцряккяббиосенозларын, сонралар ися-али биткилярин инкишафы цчцн шяраит щазырламышдыр. Биткиляр тяряфиндян аккумулйасийа олунан эцняш енержисинин бюйцк мигдары ъанлы битки материалынын щяъминин артмасына сябяб олурду. Мящв олараг, бу биокцтля щумификасийайа (ъцрцнтц ямяля эялмя) мяруз галырды.

Али биткилярин йерцстц вя йералты галыглары шяклиндя вя щямчинин, микроорганизмлярин вя торпаг фаунасынынычохсайлы популйасийасынын мящви заманы ямяля эялян цзви маддяляр торпаьа дахил олур. Цзви галыгларын парчаланма (минераллашма) вя щумификасийа (тякрар синтезин) просесляри, су вя щаванын оксиэенинин дахил олмасы шяраитиндя, торпагда олан микроорганизмлярин (бактерийалар, эюбяляклярр) тямири нятиъясиндя вя торпаг мезофаунасынын актив иштиракы нятиъясиндя баш верир.

Торпаг щумусу Йерин мящсулдарлыьына, щяйат формаларанын мцхтялифлийини вя зянэинлийиня сябяб олур. Мцасир кянд тясяррцфатында цзви эцбряляр биткилярин вя торпаьын мящсулдарылыьынын артмасында мцщцм рол ойнайыр. Якинчилийин интенсив инкишафы нятиъясиндя щумусун азалмасы кяскин артмыш вя 10-15 илдян сонра торпаг мящсулдарылыьынын азалмасы баш веря биляр. Торпаг сащялярини щумусунун вязиййятинин йахшылашмасы цчцн няинки щейвандарлыг вя гушчулуг сащялярини тулланты лары, торф вя торфкомпост (kompost- müxtəlif qapışıqlardan hazırlanan üzvi gübrə), щямчинин цзви маддялярин диэяр мянбяляринин йыьылмасы тяляб олунур. Эцбря кими эюл лили,коммунал тясяррцфатын бярк туллантылары ясасында цзви эцбрялярин истещсалы, тулланты суларынын чюкцнтцляри, гида, биокимйяви, аьаъемалы сянайеси туллантылары истифадя олунур.

Щал-щазырда торпаьа цзви маддялярин ялавя олунмасы мягсядиля тулланты сулары иля суварылма эениш тятбиг олунур. Бунунла ейни заманда щям тулланты суларынын тямизлянмяси вя щям дя торпагларын мящсулдарлыьы артыр.

Тулланты сулары зянэин эцбря щесаб олунур. 1000 м^3 мяишят ахынтыларында азотун мигдары 10-12 т пейиндя вя йа 150-200 кг минерал эцбрялярдя олдуьу кимидир. Ващид сащяйя верилян тулланты суйунун нормасы суда вя эцбрядя беъярилян биткиялин тялябатына уйьун олмаладыр. Бу заман тулланты суларынын чирклянмиш гарышыгларыынын торпаг тяряфиндян удулмасынын вя емалынын биокимйяви просеслри там вя ак-

тив эетдиэъя ,мящсулдарлыг йцксяк олур. Тулланты суларына минерал эцбряляр ялавя олундугда мящсулун майа дяйяри 2-2,5 дяфя азалыр.

Тулланты сулары иля узун илляр суварма заманы мящсулдарлыьы аз олан торпагларын щумусунун вязиййяти йахшылашыр, туршулуг дяряъяси нейтраллашыр, гялявилярля дойма дяряъяси, удма щяъми артыр.

Тулланты суларынын зярярсизляшдирмяк цчцн онлары дурулдур вя ямяля эялян чюкцнтц 50-60°Ъ температурда гыъгырдырлар. Бу заман тулланты суларында олан хястялик тюрядян бактерийалар торпаьа дцшдцкдя мящв олурлар. Бунунла беля тулланты сулары иля суварма заманы яввялъядян емал олунмайан биткиляр мясялян, тярявязляр беъярмяк мяслящят эюрцлмцр.

Тулланты суларынын чюкцнтцляри гуру маддяйя нисбятян млн.тонн тяшкил едир. Онларын тяркибиндя 2% азот вя фосфор вя 0,2% калиум вардыр. Щал-щазырда тулланты суларынын 20%-дян истифадя олунур. Онлардан даща эениш истифадя етмяк цчцн тямизляйиъи гурьулардакянд тясяррцфатында чюкцнтцлярин утилляшмяйя щазырлайыъы мцасир гурьулары тятбиг етмяк лазымдыр. Тулланты суларынын истифадясини мящдудлашдыран бир чох факторлар вардыр:

1.Лил сащяляриндя чюкцнтцнцн физики хассяляринин гянаятбяхш олмамасы

2.Тямизляйиъи гурьуларда кянд тясяррцфатында чюкцнтцлярин утилляшмяйя щазырлайыъы мцасир гурьулардан аз тятбиг олунмасы

3.Тулланты суларынын эцбря кими гиймятли олмасы вя хцсусиййятляри щаггында истещлакчыда мялуматын олмамасы

Чюкцнтцлярин эцбрялямя ящямиййяти, онун тяркибиндя азотун, фосфорун вя калиумун мигдары вя щямчинин микроелементлярин: бор, молибден, манган, синк иля тяйин олунур.

Тяркибиндя бир сыра металларын (кадмиум, хром, гурьушун, ъивя, синк вя с) чюкцнтцлярин ящямиййятини азалдыр, беля ки, онлар биткиляр, щейванлар вя инсан цчцн токсики маддярдир. Чюкцнтцлярин ясас щазырлама ямялиййаты зярярсизляшдирилмиш мящсулун, йяни санитарийанын тялябляриня ъаваб верян мящсулун алынмасыдыр. Щал-щазырда тямизлямя гурьуларында тулланты суларынын чюкцнтцляринин (ТСЪ) кимйяви, термики вя биоложи зярярсизляшдирилмяси методларындан истифадя олунур. ТСЪ-нин кимйяви зярярсизляшдирилмяси онларын фунгисидляр иля ишлянилмясиня ясасланыр.лакин беля цсул иля щазырлама заманы 60% рцтубятли мящсул алыныр ки, онун сяпялянмясини чятинляшдирир. ТСЪ-нин термики зярярсизляшдирилмяси практики мараг кясб едир, нятиъядя аз рцтубятли гурудулмуш чюкцнтцляр ямяля эялир, йяни, бу мящсул сахлама, дашынма вя торпаьа верилмяси

ялверишлидир. ТСЪ-нин зярярсизляшдирилмяси просеслярини сцрятляндирмяк цчцн онлары бярк цзви ашгарлар иля (торф, кяпяк, мяишят, сянайе туллантылары) компостерляйирляр (чцрцнтцйя чевирмяк).

Бир чох цзви маддялярин тяркибиндя аьаъ туллантылары вардыр, торпаг цчцн эцбря кими аьаъларын габыьы, кяпяк, йонгар (гуш фермаларында дюшяняк кими вя сонра ися эцбря кими истифадя олунур) истифадя олунур. Аьаъ габыьы 85%-дян чох цзви маддядян ибарятдир ки, онун да 40% -и асан парчаланан бирляшмялярдир. Онлар торпаьын биоложи активлийини стимуллашдырыр, ону карбон иля зянэинляшдирирляр. Габыьын давамлылыьы, сяртлийи, йцксяк филтрасийа габилиййяти торпаьын физики хассялярини йахшылашдырыр, лакин онун чятин щялл олан щиссяси ися торпаьы, щумус ямяляэялмя цчцн ваъиб олан лигнин (karbonla zəngin oduncaq maddəsi) вя ашылайыъы маддялярля зянэинляшдирир. Адятян габыьы торпаьа чох дярин олмамагла шумлайырлар. Компостерлянмямиш габыьдан истифадя етдикдя мцтляг азот эцбряляри верилмялидир.беля ки,карбонун йцксяк мигдарында онда азотун мигдары ашаьы олур. Азот ися габыьын парчаланмасына сябяб олан микроорганизмлярин нормал щяйат фяалиййяти цчцн ваъибдир. Габыг, минерал вя цзви эцбряли мцхтялиф компостларын щазырланмасы цчцн истифадя олунур. Компост (müxtəlif qatışıqlardan hazırlanan üzvi gübrə) щазырламаг цчцн пейин,хцсусян гуш пейининдян истифадя едирляр. Компостерлямя просесиндя габыьын кцтляси 30%-я гядяр, пейинин ися 20%-я гядяр азалыр. Компостерлямя просесинин сцрятляндирилмяси вя коспостун гида елементляри иля зянэинляшдирилмяси цчцн онун тяркибиня азотлу минерал эцбряляр (сидик ъювщяри, габыьын туршулуьуну азалтмаг цчцн ися аммонйак) ялавя едирляр. Аьаъ габыьыны тямизляйиъи гурьуларын биодурулдуъуларын актив лили иля коспостерляшдирирляр ки,бу да гяляви реасийайа малик олуб,азотлу бирляшмялярлдя зянэиндир. Кянд тясяррцфатында ися кяпякляр аналожи тятбиг олунур. Компостларын щазырланмасынын ясас цсуллары бунлардыр: лайлы, мянбяли, сащяли. Сон заманлар щидролиз вя селлцлоза-каьыз заводларынын артыг щидролиз лили вя диэяр туллантыларынын утилляшмяси кянд тясяррцфатында эениш истифадя олунур. Сахландыгдан бир нечя ил сонра лайларда щидролиз лили мясамяли, йумшаг тцнд-боз рянэли, эюрцнцшцня эюря чцрцнтцйя бянзяр кцтляйя чеврилир. Щидролиз лили гиймятли цзви эцбрядир. Онун тяркибиндя 77%-дян чох цзви маддяляр, 3,8%-гядяр азот, 1,6%-и асанщидролиз олунган формада, 1,1% актив фосфор вя 0,3% калиум вардыр. Бу ясас елементлярдян башга, щидролиз лили 10-18% калсиум, кцкцрд, дямир, магнезиум вя биткиляря ваъиб олан бир сыра микроелементляр, щямчининактив маддяляр (ферментляр, витаминляр) вардыр. Ону торпаьа гарышдырдыгда торпаьын микробиоложи, вя

ферментатив фяалиййяти активляшир, онун азот-фосфор режими йахшылашыр. Селлцлоза-каьыз сянайесинин щидролиз лили вя диэяр туллантылары диэяр цзви вя минерал эцбряляр кими компост формасында истифадя олуна биляр. Цзви эцбря кими щидролиз сянайесинин иритоннажлы туллантысы- лигниндян дя истифадя олунур ки, о да одунъаьы сулфат туршусу иля емалы заманы ямяля эялир.Онун тяркибиндя полисахаридляр,минерал вя цзви туршулар, кцл елементляри вардыр. Лакин ону минерал эцбряляр иля мцтляг компостляшдирмяк лазымдыр, беля ки, лигниндян тямиз щалда истифадя олунмасы кянд тясярцфаты биткиляринин мящсулдарлыьыны азалдыр.

Цзви эцбряляря ялавяляр кими биокимйа сянайесинин шлам истифадя олунур ки, онун да тяркибиндя 41-74% цзви маддяляр, 26-59% минерал компонентляр 3% azot, 0,3% фосфор,калсиум,силисиум вардыр.Бярк мяишят туллантыларынын компостлары мялумдур. Лакин онларын тяркибиндя мцхтялиф токсики маддяляр вардыр.

МЦЩAZIRƏ 14. Торпагларын рекултивасийасы

Елми-техники тярягги, сянайенин, кянд тясяррцфатынын йцксяк темплярля инкишафы,торпаг юртцйцнцн позулмасы тящлцкяли характер алмышдыр .Позулмуш тораглы яразилярин бярпасы просеси **рекултивасийа** адланыр. Рекултивасийа просесинин мягсяди торпаг юртцйцнцн мящсцлдарлыьыны бярпа етмяк,тякрар истифадя етмяк йчцн тясяррцфата гайтармагдыр. Бу заман мцщяндис,мядян-чыхарма, мелиоратив, мешя салма ишляринин апарылмасы нязярдя тутулур.

Бир чох юлкялярдя бюйцк торпаг сащяляри мядянчыхарма сянайеси, файдалы газынтыларын ачыг цсулла щасилаты заманы мящв олур. Мящсулдар торпагларын йериндя битки юртцйцндян вя мящсулдар щумуслу сящндян мящрум эениш сащяляр- «техноэен сящралар» ямяля эялир. Бцтцн йарарсыз яразиляр 2 група бюлцнцр: сонрадан тюкцлмцш (сянайе туллантылары, йералты даь ишляринин йарасыз сцхурлары) вя торпаг-сцхурларын (карханалар, йарарсыз лайлы сцхурлар) чыхарылмасы заманы корланмыш торпаглар. Корланмыш яразилярин бярпасы мцхтялиф мягсядляр цчцн апарылыр: сонрадан кянд тясяррцфатында -якинчиликдя, баьчылыгда истифадя цчцн, мешя якинчилийи, су щцювзяляри, тикинти цчцн.

Рекултивасийанын еффектив цсулу корланмыш торпагларын бярпасы аьаъ нювляринин якилмяси йолу иля вя йа йарарсыз яразиляря мящсулдар торпагларын сяпилмяси вя орада кянд тясяррцфаты биткиляринин беъярилмясидир. Аьаъ нювляри торпаьын туршулуьундан вя механики тяркибиндян асылыл олараг сечилир. Мешя салмадан яввял чохиллик отлар сяпилир. Фосфоритли мядян йерляриндя шам вя тозаьаъы; гонур кюмцр чыхарылмыш яразилярдя – палыд, аь акасийа, шам вя тозаьаъы; чынгыл вя шист карханаларынын рекултивасийасында ися - шам вя тозаьаъы якирляр.

Аьыр металларла чирклянмиш торпагларын бярпасында еффектив цсул ящянэлямя, цзви маддялярин (пейин, торф, компостлар) ялавя олунмасы, кимйяви чюкдцрмя цсулларыдыр. Ящянэлямянин турш торпагларда истифадяси даща еффективдир. Цзви маддя катионлар цчцн сорбент кими истифадя олунур, торпаьын буферлилийини артырыр вя аьыр металларын токсики тясинин азалдылмасына сябяб олур. Кимйяви чюкдцрмя заманы чятин щялл олан дузларын мясялян, ортофосфат туршусунун, карбонат туршусунун аьыр метал катионлары иля дузларын ямяля эялмясиня ясасланыр. Бу цсул, торпаьын эцълц техноэен чирклянмясиндя даща еффектифдир, беля ки,чятин щялл олан чюкцнтцнцн ямяля эялмяси цчцн метал ионунун гатылыьы йцксяк олмалыдыр. Торпагларын пестисидлин галыг мигдарларындан тямизлямяк цчун бцтюв комплекс тядбирляр эюрцлмялидир: пестисидляри удан вя йа тез парчаланмасына сябяб

олан активляшмиш кюмцр, хцсуси зцлали вя синтетик цзви препаратларын, щямчинин хцсуси нюв микроорганизмлярин торпаьа ялавя олунмасыдыр.

Радиоактив чирклянмя заманы радионуклидляр цзви маддялярля бирляшдириб щялл олмайан комплексляр ямяля эялмясиня ясасланан еффектиф цсулдан истифадя едирляр. Бир чох тоорпагларда пЩ-ын кямиййятинин калиум вя калсиумун мигдарынын артмасы, радионуклидлярин мясялян,стронсиумун сорбсийасына сябяб олур. Эилли минераллар радионуклидляри мяс., стронсиум вя сезиуму йахшы топлайырлар.

Нефт, нефт мящсуллары,кансероэен карбощидроэенлярля чирклянмиш торпаглар азоттоплайан, парчалайан микроорганизмлярин йцксяк гатылыьы иля характеризя олунурлар. Она эюря дя беля торпагларын бярпасы цчцн ясас цсуллардан бири дя цзви эцбряляр вя хцсуси микроорганизмляр ялавя олунмагла азотун парчаланмасынын сцрятляндирилмясидир. Ъ : Н оптимал нисбятинин йарадылмасы нефт туллантыларынын минераллашмасына сябяб олур вя торпагларын чиркляндириъи маддялярдян тямизлямя мцддятини гысалдыр. Нефт вя нефт мящсуллары иля интенсив вя чох чирклянмиш торпагларда нефтля доймуш лайлар вя онларын басдырылдыьы яразиляр тямизлянилир вя сонра доймуш сцни мящсулдар торпаглар йарадылмалыдыр. Нефт вя нефт мящсулларынын парчаланмасы цчцн 20-37°Ъ тяляб олунур. Она эюря дя Орта иллик температуру йцксяк олан зоналарда,температур ашаьы олан зоналара нисбятян, торпагларын юз-юзцня тямизлянмяси,сцрятля эедир. Торпагларда йцксяк рцтубятин сахланылмасы онун биоложи активлийни стимуллашдырыр вя нефт мящсулларынын парчаланмасыны сцрятляндирир.

Бцтювлцкдя нефт вя нефт мящсуллары иля чирклянмиш торпагларда рекултивасийа просеси 3 мярщялядя баш верир:

-1 мярщялядя мягсяд микробиоложи просеслярин,о ъцмлядян фотокимйяви вя нефтин физики парчаланмасы просесляринин интенсификасийасыдыр. Бу мярщялядя аерасийа ((havasını dəyişdirmə, havaya vermə, hava buraxma), нямляндирмя, чиркляндириъилярин локаллашдырылмасы (baş verdiyi yerdən kənara çıxmasına yol verməmək) баш верир. Бу мярщялянин мцддяти 1 илдир.

-2 мярщялядя торпаьын фитотоксикилийинин гиймятляндирилмяси, нефтин биодеградасийа просесляринин эцълянмяси, торпаьын агрофизики хассяляринин йахшылашдырылмасы баш верир. Бу мярщялядя торпаьын су, туршу-гяляви режимини тянзимлямяк, вя онун дузлашдырылмасынын гаршысыны алмаг лазымдыр.

-3 мярщялядя торпаьын тябии битки юртцйц бярпа олунур,чох иллик отлар сяпилир.

Цмумийятля, рекултивасийа тядбирляринин мцддяти яразинин торпаг-иглим шяраитининдян вя чирклянмянин характериндян асылы олур. Бу просес шимал районлара нисбятян, ъянубда даща сцрятля баш верир. Мцхтялиф тябии зоналарда рекултивасийа просесинин мцддяти 2-5 илдир.

Азярбайъанда торпаьын нефт вя нефт мящсуллары иля чирклянмяси ясасян, Абшерон йарымадасында баш верир. Нефт мящсуллары вя буруг суларынын сятщя даьылмасы вя щямчинин, торпаг суларынын сявиййясинин галхмасы нятиъясиндя торпаьын тякрар дузлашмасы баш верир. Он илляр ярзиндя нефт йатагларынын дцзэцн истисмар олунмамасы, нефт вя нефт мящсуллары, кимйяви маддяляр вя радионуклидляр иля чирклянмиш суларын сятщя ахыдылмасы Абшеронун ландшафтынын позулмасына вя 20 мин ща торпаьын чирклянмясиня сябяб олмушдур. Артыг 100 илдян чохдур ки, нефтля чирклянмиш сулар торпаг тяряфиндян адсорбсийа,филтрасийа олунур.

Чирклянмя дяряъясиня эюря торпаглар 3 група бюлцнцр: зяиф, орта вя эцълц чирклянмиш. Сабунчу, Бинягади, Сураханы, Язизбяйов районларынын нефт йатаглары яразиляринин ятрафлары эцълц чирклянмиш торпаглардыр. Бу яразилярдя нефт мящсуллары орпагда 1 м дяринлийя вя мигдары 12,5-7,8% малик олур. Абшеронун чирклянмиш торпагларынын рекултивасийасы цчцн, торпаьын цст, чирклянмиш лайы эютцрцлцр вя цзяриня активцзви вя минерал маддяляр, бактериоложи препаратлар ялавя олунур. Пайызда торпаг бол суварылыр вя нефт мящсулларынын минераллашмасы вя биокимйяви вя микробиоложи просеслярин бярпасы цчцн 3 ил мцддятиня сахланылыр. Бу мцддятдя сонра аьаъ нювляри вя чохиллик отлар якилир.

Mühazirə 15. Няглиййат və ətraf mühit

Атмосферя атылан зярярли туллантыларын стасионар(даими) мянбяляри иля (ИЕС, газанхана вя с) йанашы ири шящярлярдя щаванын чирклянмясиндя автомобил няглиййатынын ролу артыр ки, бу да,бязи шящярлярдя бцтцн тулланты щяъминин 75%-ни тяшкил едир.

Стасионар системлярдян фяргли олараг, дахили йанма мцщярриклярində йанма мцщярриклярində мцяйян гядяр аздыр(санийялярля). Автомобилдя йанма камерасмынын сойуг диварлары йанаъаьы там йанмаьа имкан вермир. Нятиъядя натамам йанма мящсуллары ямяля эяляряк, атмосферя атылыр вя карбощидроэенлярин вя дям газынын мигдарыны артырыр. (Ъядвял)

Стасионар мянбяляр вя автоняглиййатын йанма мящсуллары туллантыларынын мцгайисяли характеристикасы

Йанма мящсуллары	Йанма мящсулларынын мянбяйи	
	автоняглиййат	ИЕС, заводлар вя с.
Карбон оксиди(ЫЫ)	59,7	5,2
Карбощидроэенляр вя диэяр цзви маддяляр	10,9	6,4
Азотоксидляри	5,5	6,5
Кцкцрдлц бирляшмяляр	1,0	22,4
Макрощиссъикляр	1,0	9,8

Дахили йанма мцщярриклярі цчцн йанаъаг (бензин, дизел йанаъаьы) ясасян парафинлярдян,тсиклопарафинлярдян,ароматик бирляшмялярдян тяшкил олунмушдур. Автомобил мцщярриклярининишлянмиш газлары 200-дян чох токсики маддялярдян ибарятдир. Автомобиллярин тцстц газларынын ясас компонентляри H_2, O_2, $Щ_2O$, $ЪО_2$, ЪО, карбощидроэенляр, алдещидляр, бензпирен, гурумдан ибарятдир.

Ил ярзиндя атмосферя атылан туллантылардан: ЪО-70-90%,азот оксидляри- 40-45%, вя карбощидроэенляр-30-40%- автоняглийатын щиссясиня дцшцр. Тцстц газларынын кимйяви тяркиби мцщярриким типиндян,иш режиминдян вя истифадя олунан йанаъаьын кейфиййятиндян асылıдыр. Мясялян, карбцратор (1. kim. karbürasiya cihazı; 2. tex. daxili yanacaqlı motorda karbürasiya aparatı), (карбцрасийа- motorlarda duru yanacaq ilə havanın qarışmasından yanacaq qatışığı əmələ gəlməsi), мцщярриклярининтцстц газларында,

дизел мцщярриклярининя нисбятян, карбон оксидляринин вя йанмамыш карбощидроэенлярин мигдары чох олуб,азот оксидляринин вя гурумун мигдары даща аздыр. Дизел (içyanacaqlı mühərrik) мцщярриклярининин тцстц газлары характер тцстц вя ийя малик олурлар. Бу тип мцщярриклярин ишлямяси заманы мцшаийят олунан хошаэялмяйян ий- азот оксидляринин вя оксидляшмиш цзви бирляшмяляринварлыьыны эюстярир. Няглиййатын идаря олунма характери дя тцстц газларынын тяркибиня тясир эюстярир. Беля ки, йцксяк вя орта сцрятля идаря олунма заманы азот оксидляри даща чох, ейни заманда ашаьы сцрятдя вя машынын бош-бошуна ишлямяси заманы карбощидроэенлярин вя азот оксидляринин мигдары даща чох олур. Тцстц газларында CO_2-нин мигдары йанаъагда кцкцрдцн мигдарындан асылы олур. Кансероэен («cancer» инэ.- хярчянэ) хассяйя малик политсиклик ароматик карбощидроэенлярин(бензпирен, вя с.) ямяля эялмяси, онларын йанаъагда мигдарындан асылы дейил. Тцстц газларында бу ъцр карбощидроэенлярин мигдары йанаъаьын нювц дейил, мцщяррикин характеристикасы, йанаъаг сярфи вя иш режиминдян асылы олур. Щесаб олунур ки, дизел йанаъаьынын тцстц газлары даща чох кансероэен маддялярдян тяшкил олунмушдур.

Тцстц газларынын атмосферин йер гатына йахын щиссясиня бирбаша дахил олмасы бюйцк ящямиййят кясб едир ки, бурада, кцляйин сцряти ъцзидир вя мцяссисялярин щцндцр заводборулары васитясиля тулланмасындан фяргли олараг, газлар, зяиф сяпялянирляр.

30-ъу иллярдян башлайараг,бензиня тетраетилгурьушун-Пб($Ъ_2Щ_5)_4$ вя йа тетраметилгурьушун - Пб($ЪЩ_3)_4$ ялавя етмяйя башланды.Бу ялавяляр октан ядядиниартырыр вя антидетонатор кими тясир едир, йяни, бензинин партлайышла йанмасынын гаршысыны алыр. Тетраметилгурьушун-Пб($ЪЩ_3)_4$-нун истифадя олунмасы сцрятля армаьа башлады вя бунунла да автомобил, авиасийа вя эями мцщярриклярі атмосферя даща чох гурьушун атылмаьа башлады. Гейд етмяк лазымдыр ки, 1 литр йанаъаг йандыгда, щавайа 200-500 мг гурьушун атылыр. 1 ил ярзиндя автомобил щавайа 1 кг гурьушун ата биляр. Шящяр щавасынын тяркибиндя кянд яразисинин щавасына нисбятян 20 дяфя,ачыг дянизя щавасына нисбятян 2000 дяфя чох гурьушун вардыр.

Гурьушун- кумулйатив(kumulyasiya -orqanizmdə dərman maddələrinin və ya zəhərlərin toplanması) зящярдир.О, инсан организминдя тядриъян топланыр вя онун тябии йолла хариъ олунма сцряти чох ашаьыдыр. Автомобил йолларына йахын яразилярдян йыьылан тярявяз вя мейвяляр вя щямчинин, бурада битян отла гидаланан иняклярин сцдцнцн истифадя олунмасы инсан организминин саьламлыьы цчцн тящлцкя йарадыр. Лакин ясас тящлцкя- щавада сяпялянмиш гурьушундур. Гярби Авропа шящярляринин 1 $м^3$ щавасынын тяркибиндя орта щесабла-1-10 мкг, АБШ-дя ися 5 мкг Пб вардыр. Бу

металын бирляшмялри аь ъийяр васитясиля инсан ганына кечир.100см^3 ганда адятян 15-35 мкг Пб олур. Тетраетилгурьушун истифадя едилмякля йаранан негатив нятиъяляри,инкишаф етмиш юлкяляри бензиндя онун мигдарыны азалтмаьа мяъбур етди. Инди артыг бир чох юлкялярдя елилляшмиш бензиндян истифадя олунмасы гадаьан олунмушдур. Гурьушунун ялавя олунмасы артыг ваъиб дейилдир. Говулма просеслярин тякмилляшмяси, бир гядяр бащаланмасы лазыми антидетонатор хассяли йанаъаьын алынмасына имкан верир.

Азярбайъанын ири шящярляри автомобил няглиййатынын тулланты газлары проблеми иля цзляширляр. Сянайедя истещсалын ашаьы дцшмяси атмосфер щавасынын йахшылашмасына сябяб олса да, няглиййат васитяляринин артмасы она мянфи тясир эюстярир. Щямчинин автобус, йцк машынлары парклары кющнялдикъя, онларын ятраф мцщитя мянфи тясири дя артыр. Апарылан мониторингин нятиъяляри эюстярир ки, 1995-2008-ъи иллярдя истещсал олунан автомобилляр,1985-1995-ъи иллярдякиня нистятян атмосфери тягрибян 2 дяфя аз зящярляйирляр.Беля ки,Русийа истещсалы олан автомобиллярдян (щятта 2007-ъи ил истещсалы) нормадан артыг дям газы атмосферя бурахылыр. Азярбайъанда рясми 600-700 мин автомобил гейдя алынмышдыр ки, онлар да щяр эцн аммосферя 450-500 мин т.карбон-2-оксид бурахыр. Республиканын автомобилляринин70-5%-и бензин иля, 26%-идизел, вя 1%-и газ иля ишляйир. Сон бир нечя илдяреспубликада етилляшмиш бензин истещсал олунмур. Буна бахмайараг, 1995-1995-ъи иллярин эюстяриъиляриня ясасян Бакы, Сумгайыт, Эянъя, Ширван, Минэячевир шящярляриндя атмосфердя зярярли маддялярин мигдары Азярбайъан Республикасында гойулан щава кейфиййятинин стандартларындан 5 дяфя артыгдыр.

RADİOEKOLOGİYA

Mühazirə 16. RADİOEKOLOGİYA FƏNNININ PREDMETI VƏ ƏSAS MƏSƏLƏLƏRI

Radioaktivlik və ona uyğun olan ionlaşdırıcı şüalanma Yerdə həyat yaranana qədər mövcud olmuşdur. Belə hesab olunur ki, 20 milyard il bundan əvvəl ionlaşdırıcı şüalanma böyük partlayışla müşaiyət olunmuş və yaşayış meydana gəlmişdir. Bu vaxtdan etibarən radiasiya kosmik fəzanı əhatə etmiş, radioaktiv maddələr isə Yerin tərkibinə daxil olmuşdur. Hətta insan da az da olsa radioaktivdir, yəni istənilən canlının hüceyrəsində radioaktiv maddələrin çox kiçik miqdarı mövcuddur. Yerdə yaşayan yaranması ətraf mühitin radiasiya fonu iştirakında yaranmışdır. Hətta alimlər belə hesab edirlər ki, radiasiyanın orqanizmə patogen təsiri və ya ionlaşdırıcı şüalanmanın təsirindən mutasiya baş vermiş və bioloji növlərin fasiləsiz olaraq təkamülü inkişaf etmişdir. İndiki dövrdə insanlar tərəfindən yaradılan və insanlara təsir edən əlavə radiasiyadır. Məsələn, tibbi rentgenoloji tədqiqatlar zamanı, təyyarədə və kosmik gəmidə uçuş zamanı, nüvə silahlarının sınaqdan keçirilməsi və ya atom elektrik stansiyalarının işi nəticəsində əmələ gələn çöküntülərin çökməsi zamanı və s.

Bunun nəticəsində hazırki dövrdə milyonlarla insan ionlaşdırıcı süalarla qarşılıqlı təsirdə olur və xarici mühit insan orqanizminə intensiv təsir edən daimi mənbəyə çevrilir.

Atomun nüvəsindən enerji əldə edilməsi bir çox ölkələri ionlaşdırıcı şüalanmaya məruz qoymuşdur. Müasir elmi-texniki tərəqqinin əsas tərkib hissəsi olan nüvə energetikasının inkişafı, ionlaşdırıcı şüaların və radioaktiv maddələrin biologiyada, tibbdə, kənd təsərrüfatında və digər sahələrdə tətbiqi insanların radiasiya ilə qarşılıqlı təsirinin riskini artırmışdır. Ətraf mühitin əsas tərkib hissəsi olan ionlaşdırıcı radiasiya ilə insanların qarşılıqlı təsirlərinin genişlənməsi, onların bioloji təsirlərinin öyrənilməsini və profilaktik tədbirlərin görülməsini aktual edir.

1. Radioekologiyanın predmeti və əsas məsələləri

Müasir dövrdə ekologiya dedikdə canlı orqanizmlərlə onların qidalanma mühiti arasında qarşılıqlı təsir başa düşülür. Ekologiyanın predmeti isə bir-birilə qarşılıqlı təsirdə olan, enerji və üzvi maddələrin çevrilməsi prosesi baş verən, ətraf mühitlə vahid sistem əmələ gətirən canlı orqanizmlərin öyrənilməsidir. Yer planetində qidalanan canlı orqanizmlərin birlikləri ətraf mühitlə ekoloji sistem əmələ gətirir ki, burada da enerji çevrilməsi və maddələr dövranı baş verir. Müasir dövrdə inkişaf edən radioekologiyanın başlıca əsas məsələləri aşağıdakılardır:

1. Radioaktiv şüalanmanın bitki və heyvan orqanizminə, populyasiya və ekosistemə təsirini öyrənmək, biosferin radioaktiv çirklənməsinin nəticələrini proqnozlaşdırmaq;
2. Radioaktiv izotopların təbii mühitdə yayılma yollarını tədqiq etmək;
3. Radioaktiv çirklənmiş təbii mühit komponentlərinin canlı orqanizmlər üçün təhlükəsiz normalarının işlənilməsi;
4. Radionuklidlərlə xroniki şüalanma şəraitinə canlı orqanizmlərin adaptasiyası və yaşamalarının öyrənilməsi;
5. Kiçik dozalı radiasiyanın canlı orqanizmlərə uzun müddətli təsirini tədqiq etmək və bu şüalanmanın nəticələrini proqnozlaşdırmaq.

2. Radioekologiyanin inkişaf tarixi

1895-ci ildə Vilhelm Konrad Rentgen tərəfindən X-şüalarının (rentgen şüalarının) kəşfi və 1896-cı ildə Anri Bekkerel tərəfindən uranın şüa buraxması haqqındaməlumatı nüvə fizikası, radiobiologiya və radioekologiyanın inkişafının başlangıcı hesab olunur. A. Bekkerelin kəşfi həmin dövrün böyük alimlərindən Mariya və Pyer Küri, E.Rezerford və F.Soddinin diqqətini cəlb etmişdir. Həmin dövrdə bir çox radioaktiv elementlərin məlum olmasına baxmayaraq, tədqiqatçıların diqqətini onlardan üçü – uran, torium və radium cəlb etmişdir. Bütün bunlar tamamailə yeni elmin – nüvə fizikasının yaranmasına səbə olmuşdur.

Bu elmin daha sürətli inkişafı XX əvvəllərində başlamış və nəticədə idarə olunan atom reaktorlarının və nüvə silahlarının yaradılmasına gətirib çıxarmışdır. Bu, keçən əsrin 40-cı illərində ABŞ-da, sonra isə Sovet İttifaqında baş vermişdir. Beləliklə, XX əsrin 40-cı illərini insanın atom erasına daxil olmasının başlanğıcını hesab etmək olar.

50-60-cı illərdə böyük dövlətlərin nüvə və termonüvə silahlarını intensiv sınaqdan keçirməsi və atom energetikasının güclü inkişafı biosferə külli miqdarda radioaktiv maddələrin atılmasına səbəb olmuşdur. Bunlara həmçinin sülh məqsədlərlə həyata keçirilmiş atom nüvə partlayışları nəticəsində radionuklidlərlə ətraf mühitin çirklənməsini də aid etmək lazımdır.

Bizim planetdə radiasiya fonunu pozan digər radioaktiv çirklənmə mənbələrinə uran və torium filizlərininçıxarılması və rmalı, nüvə silahlarının istehsalı, gəmilərdə nüvə reaktorlarının sınağı, nüvə fizikası sahəsində tədqiqat içləri, həmçinin radioizotoplardan elmdə, sənayedə, kənd təsərrüfatında və tibbdə istifadəsi səbəb olmuşdur.

Qeyd olunan amillər onu göstərir ki, dünyada milyonlarla insan xoşagəlməz radiasiya fonunda yaşayır. XX əsrin 40-cı illərinin ortalarından başlayaraq güclü dövlətlər tərəfindən atmosferdə, hidrosferdə və litosferdə 1900-ə yaxın nüvə partlayışı həyata keçirilmişdir ki, bu da qlobal radiasiya fonununun kəskin artmasına səbəb olmuşdur. Bundan başqa atom elektrik stansiyalarında, hərbi gəmilərdə, radioaktiv tullantılar saxlanılan yerlərdə, nüvə materialları zənginləşdirilən müəssisələrdə baş verən onlarla qəzanı bura aid etmək olar.

XX əsrin ikinci yarısından radioaktiv parçalanmaya əsaslanan energetikanın xüsusi tipi güclü inkişaf etmişdir. Müasir dövrdə nüvə yanacağı ilə işləyən yüzlərlə enerji qurğuları mövcuddur. Bundan başqa atom nüvəsi sahəsində tədqiqatlar aparan elm mərkəzlərində yüzlərlə tədqiqat reaktoru işləyir. Sonralar təbii yanacaq xammalının azalmasıhesabına bu sahə daha da sürətlə inkişaf edəcək. Hesablamalar göstərir ki, karbohidrogen xammalının müasir templə istifadəsi onun ehtiyatlarının tükənməsinə 100 il lazımdır. Sivilzasiyanın sürətlə inkişafını nəzərə almaqla söyləmək olar ki, gələcəkdə insanlar enerji çatışmazlığı problemi ilə

üzləşəcəklər.

Radionuklidlər yüksək sürətlə elm və texnikaya nüfuz edir. Yeni yaradılan cihazlar və qurğular radioaktiv preparatlardan istifadəyə əsaslanır. Onlar sənayenin müxtəlif sahələrində, kənd təsərrüfatında, tibbdə və kosmik texnikada tətbiq olunur.

Nüvə istehsalının inkişafı Yerin dərinliklərindən külli miqdarda radiaktiv xammalın çıxarılmasını tələb edir. Son 50 ildə yerdən milyon tonlarla uran və torium filizləri çıxarılmış və emal edilmişdir. Radioaktiv filizlərdə lazımi komponentin miqdarı çox deyil, onların zənginləşdirilməsi zamanı külli miqdarda "boş" süxurlar qalır kı, bu da radiasiya fonunu bir neçə dəfə artırır. Bütün bunlar insanları tamamilə yeni yaşayış şəraitinə məcbur edir. Artıq bir sıra regionlarda yerli radiasiya fonunun artması təbii tarazlığı pozur. Aşağıda qlobal çirklənmənin orta səviyyəsi göstərilmişdir: ^{137}Cs – 0,08 Ki/km^2, ^{90}Sr – 0,045 Ki/km^2, ^{239}Pu – 0,005 Ki/km^2, 1 m hündürlükdə qamma şüalanmanın gücü 10-15 mkR/saatdır.

Biogeosenozların radionuklidlərlə çirklənməsi heyvan populyasiyalarına təsir edir. Əgər radionuklidlərin biosferdə yayılmasına qadağa və nəzarət olmasa, bu heyvan və bitki aləmində genetik dəyişmələrə, ayrı-ayrı növlərin və ekoloji birliklərin məhvinə səbəb ola bilər.

Buna görə də radioaktiv maddələrin orqanizmdə toplanma proseslərinin, biosferdə onların miqrasiyasının, radioaktiv çirklənmə şəraitində onların bir-biri ilə və qidalanma mühiti ilə qarşılıqlı təsirinin öyrənilməsi aktual hesab olunur. Bu problemlərlə artıq yarım əsrdən artıq yaşı olan radiasiya ekologiyası məşğul olur.

Mühazirə 17. Canlı orqanizmlərdə radioaktivlik və nüvə energetikasının inkişafı

Bütün sferalarda nüvə silahlarının sınaqdan keçirilməsi qadağan edildikdən sonra, radiasiya ekologiyası problemlərinin içərisində birinci yeri atom enerjisinin sülh məqsədlərlə istifadəsi zamanı əmələ gələn radioaktiv tullantıların aradan qaldırılmasıdır. Fiziki halına görə radioaktiv tullantılar bərk, maye və qazşəkilli tullantılara ayrılır. Bərk radioaktiv tullantılara misal olaraq radionuklid mənbəyi kimi istifadə olunmuş və heç bir işə yaramayan tullantılardır.

Radioaktiv tullantıların tərkibindəki radionuklidlər məlum olmadıqda materialların radioaktiv tullantılara aid edilməsi aşağıdakı kimi müəyyənləşdirilir:

– 100 kBk/kq - β-şüalanma mənbələri üçün,

– 10 kBk/kq - α-şüalanma mənbələri üçün,

– 1 kBk/kq transuran radionuklidləri üçün (elementlərin dövri sistemində urandan sonra yerləşən, yəni atom nömrəsi 92-dən böyük olan radioaktiv elementlər. Bütün bu elementlər süni yolla alınmışdır. Təbiətdə yalnız Np və Pu-a çox az miqdarda rast gəlinir).

Maye radioaktiv tullantılara üzvi və qeyri-üzvi mayelər, həmçinin sulu mühitə daxil olduqda radiasiyanı 10 dəfə artıran şlamlar və maye ilə işlənilmiş filiz qalıqları aiddir. Qazşəkilli radioaktiv tullantılara istehsal prosesində əmələ gələn və istifadə üçün yararsız olan qazlar və aerozollardır.

Bərk və maye radioaktiv tullantılar xüsusi aktivliyinə görə 3 qrupa bölünür: az aktiv, orta aktiv, yüksək aktiv

Tullantının qrupu	Xüsusi aktivlik, kBk/kq		
	β-şüalandırıcılar	α- şüalandırıcılar	transuran
Az aktiv	$<10^3$	$<10^2$	$<10^1$
Orta aktiv	$10^3 – 10^7$	$10^2 – 10^6$	$10^1 – 10^5$
Yüksək aktiv	$>10^7$	$>10^6$	$>10^5$

Radioaktiv tullantılar aşağıdakı proseslərdə əmələ gəlir:

– radioaktiv mineral xammalın çıxarılması və emalı prosesində

– atom elektik stansiyalarının işləməsi zamanı

– nüvə qurğuları ilə təchiz olunmuş gəmilərin istismarı və utilizə olunması prosesində
– işlənilmiş nüvə yanacığının emalı zamanı
– nüvə silahının istehsalı zamanı
– nüvə tədqiqat reaktorlarından istifadə etməklə elmi işlərin aparılması zamanı
– radionuklidlərin sənayedə, tibbdə və elmdə istifadəsi zamanı
– yeraltı nüvə partlayışları zamanı

Radioaktiv tullantıları toplamaq üçün müəssisələrdə xüsusi yığıcılar olmalıdır. Şüalanmanı yol verilən səviyyəyə qədər azaltmaq üçün yığıcıların yerləşdiyi zonalar qoruyucu qurğularla təchiz olunmalıdır.

Səthində 2 mQr/saat-dan artıq dozada γ-şüalanma yaradan radioaktiv tullantıları müvəqqəti saxlamaq üçün xüsusi qoruyucu quyulardan istifadə olunmalıdır. Maye radioaktiv tullantılar xüsusi tutuculara yığılaraq basdırılır. Maye radioaktiv tullantıların məişət-təsərrüfat və yağış kanalizasiyasına, su hövzələrinə, quyulara, əkin sahələrinə və s. atılması qadağandır.

Reaktorun aktiv zonasında baş verən nüvə reaksiyaları zamanı bir sıra radioaktiv qazlar ayrılır: ^{133}Xe ($T_{1/2}$=5 sutka), ^{85}Kr ($T_{1/2}$=10 il), ^{222}Rn ($T_{1/2}$=3,8 sutka) və s. Bu qazlar filtr-adsorberə daxil olaraq burada öz aktivliyini itirir və ancaq bundan sonra atmosferə atılır. Ətraf mühitə həmçinin az miqdarda ^{14}C və tritium daxil olur.

Atom elektrik stansiyalarından ətraf mühitə atılan radionuklid mənbələrinə digər misal kimi kimi texniki suları göstərmək olar. İstilikdaşıyıcıda digər radiasiya mənbəyi reaktorun materialının neytronlarla şüalanması zamanı əmələ gələn radionuklidlərdir. Buna görə də texniki su periodik olaraq dəyişdirilir və radionuklidlərdən təmizlənir. AES-nın bütün texniki sularının ətraf mühiti çirkləndirməməsi üçün o dövri su təchizatı sisteminə daxil edilir.

Müəyyən edilmişdir ki, düzgün texniki xidmət hesabına AES-in ətraf mühitə təsiri praktiki olaraq təhlükəsizdir. Bu müəssisələrin biosferə radioaktiv təsiri yerli radiasiya fonunun 2%-dən çox olmur. Hesablamalar göstərir ki, radiasiya baxımından isyilik elektrik stansiyaları daha təhlükəlidir. Belə ki, İES-də

yandırılan kömür, torf və qaz tərkibində təbii uran və torium ailəsi radionuklidlərini saxlayır. Gücü 1QVt/il olan istilik elektrik stansiyalarının yaratdığı şüanın dozası 6-60 mkZv/il olduğu halda AES-nın tullantılarında bu 0,004-0,13 mkZv/il təşkil edir. Beləliklə, normal istismar zamanı istilik elektrik stansiyaları ilə müqayisədə AES-lər ekoloji cəhətdən daha təmizdirlər.

Atom elektrik stansiyalarının təhlükəliliyi yalnız qəzalar zamanı radionuklidlərin atılması və tullantıların xarici mühitdə atmosfer, su, bioloji və mexaniki yollarla yayılmasıdır. Bu zaman biosferə ciddi ziyan dəyir, geniş ərazilər sırada çıxır ki, burada da uzun müddət təsərrüfat fəaliyyəti həyata keçirilə bilmir.

Belə ki, 1986-cı ildə Çernobıl AES-də baş verən partlayış zamanı ətraf mühitə reaktorun aktiv zonasında olan nüvə materialının 10%-ə qədəri atılmışdır. Dünyada olan bütün AES-dən biosferə radionuklidlərin atılmasının rəsmi olaraq 150 qəzası müəyyən olunmuşdur. Ona görə də AES yerləşən ərazilərdə ətraf mühitin monitorinqi çox vacibdir.

Yarımparçalanma periodu 15 sutkadan az olan radionuklidlər saxlayan radioaktiv tullantılar ayrıca yığılır. Aktivliyinin təhlükəsiz səviyyəyə qədər azalması üçün müvəqqəti saxlanılır, və bundan sonra adi sənaye tullantıları kimi zərərsizləşdirilir.

Müəssisələrdən radioaktiv tullantıların daşınması, emalı və basdırılması xüsusil konteynerlərdə həyata keçirilir. Radioaktiv tullantıların saxlanılması və basdırılması mərhələlərində insanların şüalanmasının effektiv dozası 10 mkZv/il-dən artıq olmamalıdır.

Orta və yüksək aktivlikli tullantılar xüsusi yeraltı anbarlarda saxlanılır. Anbarlar yer səthindən ən azı 300 m məsafə yerləşməlidir. Bu yerlərə daimi nəzarət edilir. Belə ki, radionuklidlərdən yüksək miqdarda istilik ayrılır.

Yeraltı anbarlar uzunmüddətli, yüz və min ilə hesablanılmalıdır. Onlar seysmik sakit zonalarda və heç bir çatlaq olmayan eynicinsli qaya massivlərində yerləşməlidir.

Bunun üçün okean sahilində yerləşən geoloji qranit dağ massivləri daha əlverişlidir.

Maye radioaktiv tullantıları basdırılmasının ən əlverişli üsulu onların bərk inert maddələrə çevrilməsidir. Hazırki dövrdə maye radioaktiv tullantıların emalının əsas metodu sementləşdirmə və şüşəəmləgəlmə prosesidir. Bundan sonra bərk tullantılar polad konteynerlərdə bir neçə yüz metr dərinliklərdə basdırılır.

Radioaktiv tullantıların həcminin azalmaması qeyd olunan üsulların çatışmamazlığıdır. Buna görə də mütəxəssislər maye tullantıların basdırılmasının yeni metodları üzərində işləyirlər. Bu metodlardan biri radionuklidlərin selektiv sorbsiyasıdır. Tədqiqatçılar sorbent kimi təbii seolitlərdən istifadəni təklif etmişlər. Sorbentlərin köməyilə mayeləri sezium, kobalt və manqan radioizotopları təhlükəsiz qatılığa qədər təmizlənir. Bu zaman radioaktiv məhsulların həcmi on dəfə azalır.

Yüksəkaktivlikli tullantıların zərərsizləşdirilməsinin perspektiv üsullarından biri də onların kosmosda kənarlaşdırılmasıdır. Bu metod 1959-cu ildə akademik A.P.Kapisey tərəfindən təklif olunmuşdur. Hazırda bu sahədə intensiv tədqiqatlar həyata keçirilir. Radioaktiv tullantıların əksər hissəsi atom elektik stansiyalarında, tədqiqat reaktorlarında və hərbi sənayedə (gəmilərin və sualtı qayöqların nüvə reaktorları) əmələ gəlir. Atom Enerjisi üzrə Beynəlxalq Agentliyin məlumatlarına əsasən 2000-ci ilin sonunda nüvə reaktorlarından 200 min ton şüalanan yanacaq boşaldılmışdır. Güman olunur ki, tullantıların əsas hissəsi emal olunmadan (Kanada, Finlandiya, İspaniya, İsveçrə, ABŞ), digər hissəsi isə emal olunduqdan (Argentina, Belçika, Çin, Fransa, İtaliya, Rusiya, İngiltərə, Almaniya) sonra kənarlaşdırılır.

Okean və dənizlərin dibində basdırılma. Radioaktiv tullantıların dəniz və olkeanlarda basdırılması bir sıra ölkələrdə sınaqdan keçirilmişdir. Bu ilk dəfə 1946-cı ildə ABŞ-da, 1949-cu ildə Böyük Britaniyada, 1955-ci ildə Yaponiyada, 1965-ci ildə isaə Hollandiyada tətbiq olunmuşdur. Maye radioaktiv tullantıların dəniz dibində basdırılması SSRİ-də ilk dəfə 1964-cü ildən sonra başlanılmışdır.

Atom Energetikası üzrə Beynəlxalq Agentliyin məlumatına görə 1946-cı ildən 1982-ci ilə qədər dünyanın 12 ölkəsi Şimal Atlantik dənizində ümumi aktivliyi MKi-dən çox olan radioaktiv tullantılar basdırılmışdır.

MÜHAZIRƏ 18. ATOMUN QURULUŞU. RADIOAKTIVLIK

Elementar hissəciklər materiyanın ən kiçik tərkib hissələri olub müasir təsəvvürlərə görə daha kiçik hissəciklərə parçalana bilməz. Bu hissəciklərdən bəziləri kosmik şülarada müəyyən edilmiş, əksəriyyəti isə yüklü hissəciklərin güclü sürətləndirilməsi ilə süni yaradılmışdır. Dəqiq elmlərin bütün inkişaf dövrlərində alimlər "kainatın kərpiclərini", yəni bölünməyən ilkin hissəcikləri axtarmışlar.

Elmin müəyyən inkişaf dövrlərində bu hissəciklər rolunu atom oynamışdır. Lakin 1895-ci ildə Tomson tərəfindən elektronun, Rentgen tərəfindən X-şüalarının və radioaktivlik hadisəsinin kəşf olunması atomun elementar hissəcik olma məsələsini inkar etmişdir. 1932-ci ildə C. Cedvik tərəfindən neytronun kəşfi və Rezerford tərəfindən atomun quruluşunun proton-neytron nəzəriyyəsinin yaradılması elementar hissəciklərin elektron, proton və neytron qəbul edilməsinə səbəb olmuşdur.

Hazırki dövrdə çoxlu sayda digər elementar hissəciklər kəşf edilmişdir. Bu hissəciklərin sayı kimyəvi elementlərin sayından əhəmiyyətli dərəcədə çoxdur. Artıq bir çox elementar hissəciklərin belə mürəkkəb quruluşa malik olması faktı şübhə doğurmur. Məsələn, atom nüvəsinin tərkib hissəcikləri olan proton və neytron daha elementar hissəciklərdən təşkil olunmuşdur. Verilmiş hissəciyə hər hansı "elementarlıq" kriteriyasının aid edilməsi çətin məsələdir. Lakin elementar hissəcikləri mürəkkəb hissəciklərdən və ya makroskopik cisimlərdən fərqləndirən bir sıra ümumi xassələr vardır.

Elementar hissəciklərin ümumi xassələrinə aiddir:

1. Əksər elementar hissəciklərin öz oxşarları mövcuddur (hissəcik və antihissəcik). Onların kütləsi, spini və digər xarakteristikaları eyni olsa da, elektrik yükünün işarəsinə görə fərqlənirlər. Məsələn, elektron-pozitron, proton-antiproton və s.

2. Elementar hissəciklər annihilyasiya qabiliyyətinə malikdirlər, yəni hissəciklər toqquşduqda bütün sükunət enerjilərini digər hissəciklərin və ya

fotonların enerjisinə çevirməklə eyni zamanda yox olurlar. Məsələn, elektronun pozitronla toqquşması zamanı hər iki hissəcik yox olur və adətən müxtəlif istiqamətlərə uçan iki foton əmələ gəlir.

$$e^- + e^+ = 2\gamma$$

3. Elementar hissəciklərin əsas xarakterisikaları onların yükü, sükunət kütləsi, mexaniki momenti (spin) və maqnit momentidir. Qeyri-stabil elementar hissəciklər üçün isə əlavə olaraq yaşama müddəti və parçalanma tipi müəyyən edilir.

Nuklona (nüvə hissəcikləri) proton və neytron aiddir. Proton stabil hissəcik olub, özünü hidrogen atomunu nüvəsi kimi göstərir və öz xassələrini dəyişmir. Neytron nüvənin daxilində stabil deyil və öz-özünə proton, elektron və antineytrinoya çevrilir (yarımparçalanma periodu 12,5 dəq.). Atom nüvəsində neytron daim mövcuddur.

Təbiətdə elementar hissəciklərin yaranması kosmik şüaların tərkibində olan sürətli hissəciklərin maddələrlə qarşılıqlı təsiri zamanı və süni sürətləndirilmiş qurğularda baş verir.

Atom – müsbət yüklü nüvədən və mənfi yüklü elektronlardan ibarət, ölçüsü 10^{-8} sm olan və kimyəvi elementin bütün xassələrini özündə saxlayan ən kiçik hissəcikdir. Atom bütövlükdə elektroneytraldır.

Elektron – sükunət kütləsi $9{,}1\cdot10^{-28}$ q (0,000548 a.k.v) olan davamlı elementar hissəcikdir. Elektronun yükü $1{,}6\cdot10^{-19}$ Kl-dur, bu nüvə fizikasında vahidə bərabər qəbul edilir. Elektron elliptik orbitlərdə yerləşərək, müxtəlif elektron buludları əmələ gətirir. Bu və ya digər energetik səviyyədə elektronun olması onun enerjisindən asılıdır. Energetik səviyyələrin sayı 1-dən 7-yə kimi dəyişir və latın əlifbasının hərfləri ilə işarə olunur.

Nüvə – müsbət yüklü ptotonlardan və elektrik cəhətdən neytal olan neytronlardan ibarətdir. Proton və neytronlar birlikdə *nuklonlar* adlanır. Onlar daimi hərəkətdədir və ralarında nüvədaxili qarşılıqlı təsir mövcuddur. Nüvədə olan protonların sayı dövri sistemdə elementin sıra nömrəsinə bərabərdir. Proton və neytronların sayının cəmi elementin atom kütləsinə bərabərdir.

Proton (p) – sükunət kütləsi 1,00758 a.k.v ($1{,}6725 \cdot 10^{-24}$ q) olan davamlı elementar hissəcikdir. Onun kütləsi elektronun kütləsindən 1840 dəfə böyükdür. Protonun yükü elektronun yükünə bərabərdir.

Neytron (n) – sükunət kütləsi protonun kütləsinə bərabər elektroneytral hissəcikdir. Elektrik cəhətdən neytral olması hesabına neytron maqnit sahəsinin təsirindən dəf olunmur, nüvə tərəfindən cəzb olunmur, yüksək nüfuzetmə xassəsinə malikdir və bioloji effektivlik göstərir.

Beləliklə, kimyəvi elementlərin atomları elektroneytraldır. Xaricdən əlavə enerji verdikdə elektronlar bir energetik səviyyədən digərinə keçə bilər və ya atomu tərk edə bilər. Əlavə enerjiyə malik atom *həyəcanlanmış* atom adlanır. Xarici orbitdən daxili orbitə keçid rentgen çüalanması ilə müşahidə olunur. Güclü enerjinin təsirindən elektron atomdan qopur və onun hüdudlarından kənarlaşır. Bu zaman atom müsbət yüklü iona çevrilir. Bir və ya bir neçə elektron birləşdirdikdə isə mənfi yüklü iona çevrilir. Neytral atomdan ion əmələ gəlməsi prosesi *ionlaşma* adlanır.

Təbiətdə əksər elementlər sabit proton sayına və müxtəlif neytron sayına malik atomlar qarışığından ibarət olur. Belə atomlar *izotoplar* adlanır. Eyni kütlə ədədinə malik, lakin nüvəsi müxtəlif energetik səviyyələrdə olan kimyəvi element atomları *izomerlər* adlanır. Kimyəvi elementlərin bütün izotoplarının nüvələri *nuklidlər* adlanır. Məsələn, uran elementi ^{238}U-98,5% və ^{235}U-1,5% izotoplarından ibarətdir. İzotoplar iki qrupa bölünür: stabil və radioaktiv. *Radionuklidlər* – müəyyən atom nömrəsinə və kütləsinə malik olan radioaktiv atomlardır.

Radioaktivlik – bir kimyəvi elementin nüvəsinin digər elementin nüvəsinə çevrilmə prosesidir. Bu zaman enerji elektromaqnit şüalanması (qamma və rentgen şüalar) və korpuskulyar hissəciklər (alfa, beta, neytron, pozitron şüalanması) şəklində ayrılır.

Xarici təsir olmadan təbiətdə baş verən radioaktiv şüalanma *təbii radioaktivlik* adlanır. α- və neytron şüalanmasının təsirindən alınmış radioaktivlik isə *süni radioaktivlik* adlanır. Müasir dövrdə 3 təbii radioaktiv ailə məlumdur:

1. Uran-radium – $^{238}_{92}\mathrm{U}$ və $^{226}_{86}\mathrm{Ra}$, 8α və 6β parçalanmadan sonra stabil $^{208}_{82}\mathrm{Pb}$

izotopuna çevrilir.

2. Torium – ^{232}Th, 6α və 4β parçalanmadan sonra stabil qurğuşun izotopuna çevrilir.

3. Aktinium-uran – $^{235}_{92}U$ və $^{235}_{89}Ac$, 7α və 4β parçalanmadan sonra stabil qurğuşun izotopuna çevrilir.

2. Radioaktivliyin vahidləri

Nüvə çevrilmələrinin sürəti aktivliklə - vahid zamanda nüvə çevrilmələrinin sayı ilə xarakterizə olunur. Beynəlxalq vahidlər sistemində radionuklidlərin aktivliyinin vahidi *Bekkerel* (Bk) qəbul olunmuşdur. 1 Bk bir saniyədə bir nüvə çevrilməsinə bərabərdir.

$$1Bk = 1 \text{ parç./san}$$

Kənar vahidlər sistemində radionuklidlərin aktivliyi *Küri* (Ki) ilə ifadə olunur. 1Ki radioaktiv maddənin elə bir miqdarıdır ki, 1 saniyədə radioaktiv çevrilmələrin sayı $3{,}7\cdot10^{10}$-a bərabərdir. Bu kəmiyyət 1 q radiumun radioaktivliyinə uyğun gəlir.

$$1Ki = 3{,}7\cdot10^{10} \text{ parç./san} = 3{,}7\cdot10^{10} \text{ Bk}$$

Xüsusi aktivlik və ya qatılıq, yəni vahid kütlə və həcmdə aktivliyin vahidi Ki/ml, Ki/q, Bk/q, Bk/ml və s.-dir.

Radioaktiv mənbənin qamma aktivliyinin vahidi 1 mq radiuma ekvivalentdir. *Radiumun milliqram ekvivalenti* mənbədən 1 sm məsafədə olan 0,5 sm-lik platin fitrdə 1 mq radiumun yaratdığı qamma şüalanmaya uyğun şüalanma yaradan istənilən radioaktiv preparatın aktivliyidir (Beynəlxalq etalon). 1 mq radium (1 mKi) saxlayan nöqtəvi mənbə 8,4 R/saat ekspozisiya dozasında güc yaradır. Bu kəmiyyət radiumun ionlaşdırıcı qamma sabiti adlanır və K_γ ilə işarə olunur. Məsələn, ^{60}Co-ın qamma sabiti 13,5 R/saatdır. Bu o deməkdir ki, ^{60}Co-ın aktivliyi 1 mq (1 mKi) radiumun aktivliyindən 1,6 dəfə çoxdur. İstənilən izotopun M qamma ekvivalenti onun aktivliyi və radiumun qamma sabiti ilə əlaqədardır.

$$M = \frac{A \cdot K_{\gamma}}{8,4}; \qquad A = \frac{M \cdot 8,4}{K_{\gamma}}$$

Bu ifadə radioaktiv maddənin mq-ekv radiumla ifadə olunmuş aktivliyini mKi ilə ifadə etməyə imkan verir.

MÜHAZİRƏ 19. NÜVƏ ÇEVRILMƏLƏRININ TIPLƏRI. İONLAŞDIRICI ŞÜALANMANIN MADDƏLƏRLƏ QARŞILIQLI TƏSIRI

Atomların nüvələri stabil halda davamlıdır, ancaq proton və neytronun müəyyən nisbəti pozulduqda öz halını dəyişir. Əgər nüvədə çoxlu sayda proton və neytron olarsa, belə nüvələr davamsızdır və radioaktiv çevrilməyə məruz qalır. Nəticədə nüvənin tərkibi dəyişir, yəni bir kimyəvi elementin nüvəsi digər kimyəvi elementin nüvəsinə çevrilir. Bu hadisə radioaktivlik, proses isə nüvə parçalanması və ya nüvə çevrilməsi adlanır.

Alfa (α) parçalanma. Nüvə çevrilməsinin bu növü nüvədən alfa hissəciklərin, yəni helium atomlarının buraxılması ilə müşahidə olunur. Bu zaman kimyəvi elementin sıra nömrəsi 2 vahid, atom kütləsi isə 4 vahid azalır. Məsələn,

$$^{238}_{92}U \longrightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{234}_{90}Th + Q$$

Nüvə çevrilməsinin bu növü sıra nömrəsi böyük olan təbii radioaktiv elemenrtlər üçün xarakterikdir. Sıra nömrəsi 82-dən böyük olan nüvələr α-aktivdirlər. Onların nüvələrinin çevrilməsi α-hissəciklərin buraxılması ilə müşaiyət olunur. Bu zaman radioaktiv elementin nüvəsi 2 proton və 2 neytron itirir. Əmələ gələn element ilkin elementə nəzərən dövri sistemdə yerini 2 xana sola sürüşdürür. α-hissəciklər müsbət yüklüdürlər, yayılma sürətləri 20000 km/s, kütlələri 4,003 a.k.v., enerjiləri isə yüksək olub 2-11 MeV-dur. α-hissəciklərin havada nüfuzetmə qabiliyyətləri 2-10 sm, bioloji hüceyrələrdə isə bir neçə on mikrometrdir.

Müsbət yüklü α-hissəciklər maddələrdən keçərək yavaş-yavaş öz enerjilərini itirirlər. Bu onların digər atomların elektronları və ya mənfi yüklü hissəcikləri ilə qarşılıqlı təsiri zamanı mümkün olur. α-hissəciklər havada 1 sm yolda 100-250 min ion cütü yaradır. α-şüalar insan və heyvan orqanizmi üçün çox təhlükəlidir.

Beta (β) parçalanma. Təbii və süni radioaktiv elementlərdən bəziləri elektron və pozitron buraxmaqla parçalanırlar. Nüvələr tərəfindən buraxılan elektronlar və pozitronlar β-hissəciklər və ya β-şüalanma, nüvə isə β-aktiv nüvə adlanır. Əgər nüvədə neytron artıqdırsa, onda elektron β-parçalanma baş verir.

NÜvə çevrilməsinin bu növündə neytronlardan biri protona çevrilir, nüvə elektron və antineytrino buraxır və atom kütləsi dəyişməyən yeni element nüvəsi əmələ gəlir.

Elektronun uçuşu antineytrinonun buraxılması ilə müşahidə olunur və element dövri sistemdə yerini 1 xana sağa dəyişir. Antineytrinonun kütləsi elektronun kütləsindən 2000 dəfə kiçikdir. Məsələn,

$$^{40}_{19}K \longrightarrow \beta^{-} + {}^{40}_{20}Ca + \nu^{+} + Q$$

burada, ν^{+} - antineytrinodur.

Proton artıq olduqda pozitron (β^{+}) beta parçalanma baş verir. Bu yeni elementin əmələ gəlməsilə müşaiyət olunur. Element öz yerini dövri sistemdə 1 xana sola dəyişir, proton neytrona şevrilir, enerji isə elementar hissəcik olan neytrino şəklində ayrılır. Pozitron elektronun buludunu dağadaraq pozitron-elektron cütü əmələ gətirir və qarşılıqlı təsir zamanı bu cüt 2 qamma kvanta çevrilir (anniqilyasiya prosesi). Məsələn,

$$^{30}_{15}P \longrightarrow \beta^{+} + {}^{30}_{14}Si + \nu^{-} + Q$$

burada, Q – iki qamma kvantın enerjisidir. Elektronlarla maddələr arasında qarşılıqlı təsir həmçinin atom və molekulların ionlaşması və həyəcanlaşması prosesində də baş verir. β-hissəciklər elektronlarla qarşılıqlı təsirdə olduqda ilkin yollarından itələnirlər. Buna görə də β-hissəciklərin maddələrdə nüfuzetmə qabiliyyəti kiçikdir.

β-hissəciklər işıq sürətilə yayılırlar. Onların havada nüfuzetmə qabiliyyəti 25 metrə kimi, bioloji hüceyrələrdə 1 sm-ə kimidir. β-hissəciklər havada 1 sm məsafə qət etdikdə 50-100 ion cütü yaradır.

Yavaşıma və xarakteristik şüalanma adətən rentgen şüalanmasına, nüvə qurulması zamanı əmələ gələn isə qamma şüalanmaya aid olur. Bu şüaların fiziki xassələrinə görə prinsipial fərqi yoxdur. Əmələ gəlməsindən asılı olmayaraq adətən fotonların enerjisi 250 keV-a qədər olan şüalanma rentgen şüalanmasına, 250 keV-dan yuxarı isə qamma-şüalanmaya aiddir. Dalğa uzunluğuna görə bu fərq təqribən 0,05Å təşkil edir.

Qamma (γ) parçalanma – qısadalğalı elektromaqnit şüalanması olub, işıq sürətilə düzxətli yayılırlar. Enerjisi 0,01 MeV-dan 3 MeV-a kimi dəyişir. γ-kvantlar təbii və süni radionuklidlərin nüvələrinin α- və β-parçalanması zamanı buraxılır. Bu şüaların havada nüfuzetmə qabiliyyəti 150 m, bioloji hüceyrələrdə isə onlarla sm təşkil edir.

Rentgen şüalanması elektromaqnit şüalanması olub, elektrik sahəsində elektronların yavaşıması zamanı (yavaşıma rentgen şüaları) və ya atomların ionlaşması və həyəcanlanması zamanı elektron buludlarının yenidən qurulması zamanı (xarakterik rentgen şüalanması) əmələ gəlir.

Nüvənin elektronları K-zəbt etməsi. Bu proses zamanı atom nüvəsinin protonu nüvəyə yaxın olan K-, bəzən isə L-orbitaldan elektronları zəbt edir və bu zaman pozitron parçalanmasında olduğu kimi nüvə çevrilməsi baş verir. Məsələn,

$$^{40}_{19}K + ^{0}_{-1}e \longrightarrow ^{40}_{18}Ar + \nu^{-}$$

K-tutulma zamanı yeganə uçan hissəcik antineytrinodur və bu zaman xarakteristik rentgen şüalanması meydana gəlir.

Nüvələrin öz-özünə (spontan) bölünməsi. Bu proses sıra nömrəsi böyük olan elementlərin – ^{235}U, ^{239}Pu və s. yavaşıdılmış neytronlarla qarşılıqlı təsiri zamanı baş verir.

$$^{238}_{92}U + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{90}_{36}Kr + ^{140}_{56}Ba + 9\,^{1}_{0}n$$

Belə parçalanmada müxtəlif sayda qəlpələr və artıq miqdarda neytron əmələ gəlir. Neytronlar yüksüz hissəciklər olduğundan, havada və bioloji hüceyrələrdə nüfuzetmə qabiliyyəti yüksəkdir. Neytronları udan zaman atomun nüvəsi davamsız hala keçir və proton, α-hissəcik, γ-şüa fotonları, nüvə qəlpələri buraxmaqla parçalanırlar.

Termonüvə reaksiyaları. Termonüvə reaksiyaları bir neçə milyon ^{0}C temperaturda baş verir. Bu şəraitdə yüngül elementlərin nüvələri yüksək kinetik enerji ilə hərərkət edərərk daha ağır elementin elementin nüvəsinə yaxınlaşa və birləşə bilər. Məsəslən,

$$^{2}_{1}D + ^{3}_{1}T \longrightarrow ^{4}_{2}He + ^{1}_{0}n + E \quad (17{,}57 MeV)$$

Termonüvə silahlarının iş prinsipi bu reaksiyalara əsaslanır. Belə silahların əsas hissəsi hidrogenin deyterium və protium izotopları qarışığından və yüksək temperatur yaradan pulutonium fitilindən ibarətdir.

Enerjinin itirilmə sürəti ionlaşdırıcı şüaların digər mühüm xüsusiyyəti olan nüfuzetmə qabiliyyəti ilə müəyyən olunur. İonlaşdırıcı şüalanmanın nüfuzetmə dərinliyi şüalanan obyektin tərkibindən və sıxlığından, həmçinin şüanın təbiətindən və xassələrindən asılıdır. Enerjinin xətti ötürülmə sürəti nə qədədr böyük olarsa, verilmiş maddə üçün şüanın nüfuzetmə qabiliyyəti bir o qədər az olar.

Sürətləndirilmiş yüklü hissəciklər üçün nüfuzetmə qabiliyyətinin ölçüsü kimi hissəciyin enerjisi istilik hərəkəti enerjisinə kimi azaldığı məsafə götürülür. Rentgen və γ-şüa kvantları üçün nüfuzetmə qabiliyyətinin ölçüsü kimi şüanın gücü *e* (natural loqarifmin əsası) dəfə azalan məsafə götürülür. Yüksək nüfuzetmə qabiliyyətinə malik şüalanma *sərt* şüalanma adlanır. Nüfuzetmə qabiliyyəti aşağı olarsa brlə şüalanma *yumşaq* şüalanma adlanır. Bu terminlər nisbidir, belə ki, β-şüalanma α-hissəciklərlə müqayisədə sərt, γ-şüalarla müqayisədə yumşaqdır.

İonlaşdırıcı şüalanmanın bütün növləri birbaşa və ya dolayı ionlaşmaya və ya maddə atomlarının həyəcanlanmasına səbəb olur. Buna görə də meydana çıxan ilkin dəyişmələr şüalanmanın növündən asılı deyil. Ancaq yni doza ilə şüalandırılma zamanı enerjinin xətti ötürülməsi (EXÖ) ilə əlaqədar olaraq miqdari olaraq müxtəlif bioloji effektlər meydana çıxır.

EXÖ kəmiyyətindən asılı olaraq bütün ionlaşdırıcı çüalar 2 qrupa bölünür: seyrək və sıx ionlaşdırıcılar. Seyrək ionlaşdırıcılara EXÖ 10 keV/mkm-dən az olan bütün şüalanma növləri aiddir. Buraya elektron, həmçinin γ- və rentgen şüalanma aiddir. Sıx ionlaşdırıcılara (EXÖ > 10 keV/mkm) protonlar, α-hissəciklər, digər ağır hissəciklər, həmçinin neytronlar aiddir. Seyrək ionlaşdırıcı şüalaryüksək nüfuzetmə, sıx ionlaşdırıcılar isə zəif nüfuzetmə qabiliyyətləri ilə fəralənirlər (neytronlar istisnadır). α-hissəciklər çox aşağı nüfuzetmə qabiliyyəti göstərirlər. Hətta havada onlar bir neçə sm məsafə qət edir. Sıxlığı böyük olan maddələr (məsələn, hüceyrə, kağız) α-şüaları keçirmir. İnsanın bədəninə düşən α-hissəciklər seli dərinin üst hissəsi tərəfindən tamamilə udulur. Bunun nəticəsində xarici

radiasiya təsiri zamanı α-şüalanma insan üçün tamamilə təhlükəsizdir. Ancaq α-aktiv izotop qida, su və ya hava vasitəsilə orqanizmin daxilinə düşərsə çox təhlükəli olar. Belə ki, hüceyrələrin daxilində izotopların buraxdığı α-hissəciklər atom və molekulları güclü ionlaşdırır, bioloji substratı tamamilə sıradan çıxarır.

β-hissəciklərin nüfuzetmə qabiliyyəti α-hissəciklərdən təqribən 100 dəfə böyükdür. Onlar havada bir neçə metr, bərk mühitdə isə bir neçə millimetr hərəkət edə bilir. Bununla əlaqədar olaraq β-hissəciklər insanın yaşaması və sağlamlığı üçün təhlükəlidir. β-hissəciklər təkcə orqanizmin daxilində deyil, həmçinin dəri vasitəsilə qarşılıqlı təsirdə olaraq ciddi yanıqlar əmələ gətirir.

Rentgen və γ-kvantların nüfuzetmə qabiliyyəti çox böyükdür. Onlar hətta sıx mühitdə belə dərinliyə keçə bilir. Məsələn, yüjsək enerjili γ-kvantlar bir neçə metr qalınlığında olan yer qatından və ya betondan keçə bilir. γ-şüalarla müqayisədə neytronların nüfuzetmə qabiliyyəti daha yüksəkdir. Yüksək nüfuzetmə qabiliyyəti şüalanma xarici şüalanma zamanı insan orqanizmi üçün təhlükəlidir.

Mühazirə 20.

DOZİMETRİYA ANLAYIŞI. UDULMA VƏ EKSPOZİSİYA ŞÜA DOZALARI

Ekspozisiya şüa dozası. Bioloji obyektlərin radiasiya ilə zədələnmə dərəcəsi şüalanma dozası ilə müəyyən olunur. Dozimetriyanın əsas məsələsi canlı orqanizmlərin şüalanma dozasını təyin etməkdir. Rentgen və γ-şüalanmanın miqdarını təyin etmək üçün ionlaşdırıcı şüaların ekspozisiya dozası təyin edilir.

Ekspozisiya şüa dozası ionlaşdırıcı şüaların havanı ionlaşdırma qabiliyyətini xarakterizə edir. Təcrübədə adətən kənar vahid olan rentgendən (R) istifadə edilir. *Rentgen* – 760 mm.c.süt. təzyiqdə və 0^0C-də 1 sm^3 havada $2{,}09\cdot10^8$ ion cütü əmələ gətirən rentgen və ya γ-şüaların enerji miqdarıdır. Beynəlxalq vahidlər sistemində ekspozisiya dozasının vahidi Kl/kq-dır. 1 *Kl/kq* – 1 kq quru havada 1 Kulon yükə malik ion əmələ gətirən rentgen və γ-şüalanmanın enerki miqdarıdır.

$$1R = 2{,}58\cdot10^{-4}\ Kl/kq; \qquad 1\ Kl/kq = 3876\ R$$

Udulma şüa dozası. Bioloji hüceyrələrdə ionlaşdırıcı şüaların təsir effektini müəyyən etmək üçün kənar vahid olan *rad* (radiation absorbent dose) istifadə olunur. 1 Rad elə bir dozadır ki, 1 q kütləli şüalanan cisim 100 erq enerji udur. Beynəlxalq vahidlər sistemində udulma dozasının vahidi *Qreydir*. 1 Qr elə bir udulma dozasıdır ki, 1 kq kütləli cisim 1 C enerji udur.

$$1\ Qr = 1\ C/kq; \qquad 1\ Qr = 100\ rad$$

Udulma dozası (rad ilə) hesablama yolu ilə aşağıdakı formulla hesablanır:

$$D_{ud} = D_{eks}\cdot k$$

k-udulma əmsalıdır (hava üçün 0,88; sümük hüceyrələri üçün 2-5; piy hüceyrələri üçün 0,6; canlı orqanizmlər üçün 0,93-ə bərabərdir).

İonlaşdırıcı şüaların nisbi bioloji aktivliyi

İonlaşdırıcı şüaların ayrı-ayrı növlərinin eyni dozası orqanizmlərə müxtəlif cür təsir edir. Xüsusi ionlaşma (ionlaşma sıxlığı) nə qədər böyük olarsa, şüalanma

bir o qədər çox bioloji effekt göstərir. Ona görə də ionlaşdırıcı şüaların müxtəlif növlərinin eyni udulma dozası orqanizmin müxtəlif dərəcədə zədələnməsinə gətirib çıxarır. Bununla əlaqədar radiobiologiyada nisbi bioloji effektivlik (NBE) anlayışından istofadə olunur.

Müxtəlif növ şüalanmanın bioloji effektivliyinin qiymətləndirilməsi üçün ekvivalent və ya bioloji doza (D_{ekv} və ya D_{biol}) anlayışları daxil edilmişdir.

$$D_{ekv} = D_{ud} \cdot NBE$$

Kənar vahidlər sistemində ekvivalent dozanın vahidi *berdir* (1 ber = $1 \cdot 10^{-2}$ C/kq). 1 Ber elə bir dozadır ki, onun bioloji mühitdə yaratdığı effekt, rentgen və γ-şüalanmanın 1 rad dozada yaratdığı effektə bərabərdir. Beynəlxalq vahidlər sistemində ekvivalent dozanın vahidi *Zivertdir*.

$$1 \text{ Zv} = 100 \text{ ber}$$

Əgər bioloji obyekt müxtəlif növ şüalarla eyni vaxtda şüalanarsa, onda şüalanmanın ekvivalent dozası hər bir şüa növünün udulma dozasının cəminin NBE-yə hasilinə bərabərdir.

Müxtəlif orqan və hüceyrələr şüalanmaya qarçı müxtəlif cür həssasdırlar. İnsanın müxtəlif orqan və hüceyrələrinin qeyri-bərabər şüalanması zamanı effektiv ekvivalent dozadan (D_{eff}) istifadə edilir.

$$D_{eff} = \sum \omega \cdot D_{ekv}$$

Burada, D_{eff}-effektiv ekvivalent doza, ω-radiasiya riski əmsalı, D_{ekv}-orqan və ya hücetrədə orta ekvivalent dozadır. Effektiv ekvivalent dozanın vahidi ber və Zivertdir.

Dozanın gücü və ölçü vahidləri

Canlı orqanizmlər üçün təkcə şüalanmanın dozası deyil, şüalanan obyektin vahid zamanda aldığı dozadır. Uzun müddət ərzində alınan az və letal həddi keçən ümumi doza canlının ölümünə səbəb olmur, lakin müxtəlif ağırlıq dərəcəsində şüa xəstəliklərinin yaranmasına səbəb olur.

Dozanın gücü (P) – vahid zamanda şüalanma dozasıdır:

$$P = \frac{D}{t}$$

Ekspozisiya dozanın gücü beynəlxalq vahidlər sistemində Amper/kq, kənar vahidlər sistemində isə rentgen/saat ilə ölçülür.

$$1\ A/kq = 3876\ R/san; \qquad 1\ R/san = 2{,}58 \cdot 10^{-4}\ A/kq$$

Udulma dozasının gücü Beynəlxalq vahidlər sistemində Vt/kq, Qr/san ilə ölçülür. Kənar vahidlər sistemində isə rad/san-dir. Radiasiya fonu dedikdə ionlaşdırıcı şüaların havada ekspozisiya dozasının gücü başa düşülür.

Ümumdünya Səhiyyə Cəmiyyətinin və radiasiya qorunması üzrə Beynəlxalq təşkilatın qərarına görə təbii fona 0,1-0,2 mkZv/saat (10-20 mkR/saat) uyğun normal səviyyə, 0,2-0,6 mkZv/saat (20-60 mkR/saat) icazə verilən, 0,6-1,2 mkZv/saat (60-120 mkR/saat) isə yüksəldilmiş radiasiya səviyyəsi adlanır.

Son zamanlar bitkilər və heyvanlar üzərində aparılmış təcrübələr göstərmişdir ki, təbii radiasiyadan orqanizmin izolə edilməsi ən mühüm fundamental həyat proseslərinin, o cümlədən hüceyrələrin bölünməsi və hüceyrələrarası informasiya həcminin zəifləməsinə səbəb olmuşdur. Kanada alimi Nobel mükafatçısı A.Petkau öz tədqiqatlarında göstərmişdir ki, zəif doza ilə şüalanma canlı hüceyrələrin membranlarının intensiv şüalanmada olduğu kimi dağıdıcı effekt göstərə bilər.

Radioaktiv parçalanma qanunu

İstənilən radioaktiv izotopun miqdarı radioaktiv parçalanma nəticəsində vaxtdan asılı olaraq azalır. Hər bir radioaktiv izotop üçün onun atomlarının orta parçalanma sürəti eynidir. Radioaktiv parçalanma sabiti (λ) verilmiş izotop üçün vahid zamanda nüvələrin hansı hissəsinin parçalanmasını göstərir. Parçalanma ssabitinin vahidi s^{-1}, $dəq^{-1}$, $saat^{-1}$-dir. Radioaktiv parçalanma qanununun riyazi ifadəsi belədir:

$$N_t = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

burada, N_t - keçən t zaman müddətində qalan radioaktiv nüvələrin miqdarı. N_0 - t=0

olduqda radioaktiv nüvələrin ilkin miqdarı, e-natural loqarifmin əsası (e=2,72), λ-radioaktiv parçalanma sabiti, t-zamandır.

Yarımparçalanma periodu (T) başlanğıc radioaktiv nüvələrin yarısının parçalandığı vaxtdır. Parçalanma sabiti və yarımparçalanma periodu arasında aşağıdakı asılılıq var:

$$\lambda = \frac{0,693}{T}$$

$$N_t = N_0 \cdot e^{-\frac{0,693t}{T}}$$

Beləliklə, nüvələrin sayı vaxtdan asılı olaraq eksponensial qanunla azalır.

MÜHAZİRƏ 21. İONLAŞDIRICI ŞÜA MƏNBƏLƏRİ. TƏBİİ RADİASİYA FONU

Yerdə yaşayan bütün canlılar daimi radiasiya fonu əmələ gətirən təbii və süni ionlaşdırıcı şüa mənbələrinin ionlaşdırıcı radiasiyasına məruz qalırlar.

Kosmik şüalanma, atmosferdə, litosferdə, hidrosferdə və bioloji orqanizmlərin tərkibində olan təbii radionuklidlərin şüalanmalarının cəmi *təbii ionlaşdırıcı şüalanma mənbələridir*. Bütün bu mənbələrdən şüalanmalar təbii radiasiya fonunu əmələ gətirir və insan üçün orta illik effektiv doza 2000 mkZv-dir.

Süni ionlaşdırıcı şüa mənbələrinə nüvə partlayışlarını, atom elektrik stansiyalarının fəaliyyətini, yerin daxilindən mineral xammalın çıxarılmasını, ionlaşdırıcı şüaların və radioaktiv maddələrin tibbdə, elmdə və s. istifadəsini misal göstərmək olar. Bu mənbələr süni radiasiya fonunu yaradır və hal-hazırda yer kürəsinin təbii radiasiya fonuna 1-3% əlavə olunmuşdur.

Təbii ionlaşdırıcı şüa mənbələrinə kosmik şüalanmanı (birinci və ikinci), atmosfer havasında, hidrosferdə və litosferdə yayılmış təbii radioaktiv maddələr daxildir.

Birinci kosmik şüalanma – Günəşin və ulduzların nüvələrində termonüvə teaksiyaları prosesində əmələ gələn və kosmosdan Yerə daxil olan yüksək enerjili hissəciklər selidir. Birinci kosmik şüalanma 92% protonlardan, 7% α-hissəciklərdən, litium, berillium, karbon və oksigen atomlarının nüvələrindən ibarətdir. Bundan başqa kosmik şüalanmanın tərkibinə elektronlar, pozitronlar, γ-kvantlar və neytrinolar daxildir.

Günəşin aktivliyinin kəskin artması zamanı kosmik şüalanmanın 4-100% artması mümkündür. Birinci kosmik şüalanmanın çox az hissəsi yerin səthinə çatır. Belə ki, onlar havada atomlarla qarşılıqlı təsirdə olaraq ikinci kosmik hissəciklər selini əmələ gətirir. Yerin orbitində kosmik hissəciklərin sürəti təqribən 300 km/san-dir. Yerin orbitində kosmik hissəciklərin sıxlığı Günəşdə baş verən termonüvə reaksiyalarının intensivliyindən asılıdır. Günəşin normal fəaliyyəti

müddətində 50 km hündürlükdə Yer orbitində kosmik hissəciklərin sıxlığı 1-2 his./sm^2·san, Günəşin aktivliyi artan zaman isə 100 his./sm^2·san təşkil edir. Birinci kosmik hissəciklər yüksək enerjiyə malikdirlər (orta 10 QeV) və sürətlə atmosferdə olan atom nüvələri ilə qarşılıqlı təsirdə olaraq ikinci şüalanmanı yaradırlar.

İkinci kosmik şüalanma elektronlardan, neytronlardan, mezonlardan və fotonlardan ibarətdir. Onun maksimum intensivliyi 20-30 km hündürlükdə müşahidə olunur, dəniz səviyyəsində şüalanmanın intensivliyi ilkin intensivliyin təqribən 0,05%-ni təşkil edir. İkinci kosmik şüalanmanı yaradan elementar hissəciklər yerin maqnit sahəsinin təsirindən onun ətrafında iki – xarici və daxili radiasiya qurşağı yaradır. Ekvator en dairəsində xarici qurşaq Yer səthindən 20-60 min km, daxili qurşaq isə 600-6000 km məsafədə yerləşir. Bəzi hissələrdə daxili qurşaq Yer səthindən 300 km-ə kimi məsafədə yerləşə bilər.

Radiasiya qurşaqlarında elementar hissəciklər arasında elektron və pozitron üstünlük təşkil etdiyindən, hissəciklərin sıxlığı kimi 1 san-də 1 sm^2-də olan elektron-pozitron cütlərinin miqdarı götürülür. Xarici və daxili radiasiya qurşaqlarında hissəciklər selinin sıxlığı uyğun olaraq 2107 və 1105 elektron/sm^2·san-dir.

İkinci kosmik şüalanmanın yüklü hissəcikləri Yerin maqnit sahəsinin xətti boyunca hərəkət edir. Nəticədə bizim planetin radiasiya qurşağında yüklü hissəciklər seli kosmik fəzada günəş küləyi selini 100 milyon dəfə artırır. Yer səthinə əsasən atmosfer komponentlərində ionlaşma yaradan ikinci kosmik şüalanma düşür. İonlaşmanın intensivliyi hündürlük artdıqca çoxalır. Dəniz səviyyəsində ionlaşma minimumdur, 12-16 km-də isə maksimuma çatır. Kosmik şüalanmanın yaratdığı ionlaşma ekvatordan qütblərə doğru artır.

Kosmik hissəciklərdə *mülayim* və *sərt* komponentlər (tərkib hissələri) mövcuddur. Mülayim komponentlərə elektron, pozitron və fotonlar aiddir. Bu hissəciklər nüfuzetmə qabiliyyətlərinə görə γ-şüalanmaya yaxındırlar. Sərt komponentlərə μ-mezonlardan və neytrino aiddir. Kosmik şüalanmanın sərt komponentləri çox yüksək nüfuzetmə qabiliyyətinə malikdir. μ-mezonlar litosferdə 3 km-ə kimi, neytrino isə Yer kürəsinin bir tərəfindən o biri tərəfinə keçərək

kosmosa uçmaq qabiliyyətinə malikdir.

Suda, torpaqda və dağ süxurlarında olan təbii radioaktiv maddələrin yaratdığı ionlaşdırıcı şüalar və kosmik şüalanma keçmiş biotun adaptasiya olunduğu təbii radiasiya fonunu əmələ gətirir. Məşhur rus radiobioloqu A.M.Kuzin hesab edir ki, təbii radiasiya fonu Yerdə canlıların yaranmasının və yaşamasının ən başlıca faktorlarından biridir.

Yer səthindən 1 m hündürlükdə γ-şüalanmanın intensivliyi 10-15 mkR/saat intervalında dəyişir, bəzi hallarda isə 25 mkR/saata çatır. Biosferin müxtəlif hissələrində təbii radiasiya fonu 2-3 dəfə fərqlənir. Məsələn, 3 km hündürlükdə dağlarda radiasiya fonu dəniz səviyyəsi ilə müqayisədə 3 dəfə böyükdür. Dəniz səviyyəsində yaşayan insanlar kosmik şüalanma hesabına orta illik 300 mkZv effektiv ekvivalent doza alır. Dəniz səviyyəsindən 2000 m yuxarıda yaşayan insanlar üşün bu qiymət bir neçə dəfə böyükdür. ən intensiv şüalanmanı uçuş zamanı təyyarə ekipajı və sərnişinlər alır. 4000 m-dən 12000 m-ə qədər qalxdıqda kosmik şüalanma hesabına şüalanma səviyyəsi 25 dəfə artır. Məsəslən, Nyu-Yorkdan Parisə qədər uçuş zamanı sərnişinlər təqribən 50 mkZv doza alır.

2. Təbii radioaktiv maddələr

Təbiətdə rast gəlinən radioaktiv elementlər *təbii radioaktiv elementlər* adlanır. Onların əksəriyyəti sıra nömrəsi 81-dən 96-ya kimi olan ağır elementlərdir. Təbii radioaktiv elementlər α- və β- parçalanma zamanı digər radioaktiv izotoplara çevrilirlər. Bu radioaktiv çevrilmə zənciri *radioaktiv sıra və ya ailə* adlanır.

Ağır təbii radioizotoplar 4 radioaktiv ailə əmələ gətirir: uran-radium. Torium, aktinium, neptinium.

Uran-radium sırası üzvlərinin kütlə ədədi cüt ədəddir və A=4n+2 qanununa tabe olur (n=51-59). *Torium sırası* elementlərinin kütlə ədədi cütdür və A=4n formulu ilə müəyyən olunur (n=52-58). *Aktinium sırası* elementlərinin kütlə ədədi həmişə təkdir və A=4n+3 formulu ilə təyin olunur (n=51-58). *Neptinium sırası* elementlərinin kütlə ədəi təkdir və A=4n+1 formulu ilə təyin olunur (n=52-60).

Hər bir ailənin ilk nümayəndəsi çox böyük yarımparçalanma periodu ilə xarakterizə olunur.

Cədvəl. Təbii radioaktiv ailənin ilk üzvləri

Sıra	Ailənin ilk üzvü	Yarımparçalanma periodu, il
A = 4n	^{232}Th	$1,4 \cdot 10^{10}$
A = 4n + 2	^{238}U	$4,51 \cdot 10^{9}$
A = 4n + 3	^{235}U	$7,13 \cdot 10^{8}$
A = 4n + 1	^{232}Np	$2,2 \cdot 10^{6}$

Toriumun yarımparçalanma periodu çox böyük olduğundan (14 mlrd. il) demək olar ki, Yerdə tamamilə saxlanılmışdır. ^{238}U izotopu müəyyən dərəcədə, ^{235}U izotopunun əsas hissəsi, ^{232}Np izotopu isə tamamilə parçalanmışdır. Bu səbəbdən yer qabığında torium urana insbərən 20 dəfə, ^{238}U isə ^{235}U izotopundan 140 dəfə çoxdur. Dördüncü ailənin ilk üzvü olan neptinium tamamilə parçalandığından dağ süxurlarında demək olar ki yoxdur. Neptiniuma az miqdarda uran filizlərində rast gəlinir. Hazırda neptinium süni nüvə reaksiyalarının köməyilə alınır.

Təbii radioaktiv ailələr bir sıra ümumi xüsusiyyətlərə malikdirlər:

1. Hər bir ailənin ilk nümayəndəsi yüksək yarımparşalanma periodu ilə xarakterizə olunurlar (10^8–10^{10} il tərtibində).

2. Hər bir ailə çevrilmə zəncirinin ortasında təsirsiz qazlara aid element izotopuna çevrilir.

3. Radioaktiv qazlardan sonra qısaömürlü bərk halda olan elementlər əmələ gəlir.

4. Hər üç radioaktiv ailənin bütün izotopları iki yolla parşalanırlar: α- və β-parçalanma. Əgər α və β-parçalanma zamanı nüvələr dərhal normal hala keçmirsə. Onda parçalanma aktı γ-şüalanma ilə müşahidə olunur.

Parçalanmalar uran, torium və uran-aktinium sırası üçün uyğun olaraq kütlə ədədi 206, 208 və 207 olan stabil qurğuşun izotopları ilə bitir.

Uran-radium və torium ailəsi aktinium ailəsi ilə müqayisədə aktiv γ-

şüalandırıcılardır. Beləliklə, radioaktiv ailələrdə α, β və γ şüalandırıcılar mövcuddur və ailələrin hər bir şüalanmasının dozalarının gücü eyni deyildir.

Yuxarıda qeyd olunan sıralara aid olan təbii radioaktiv elementlərdən başqa bir-birilə genetik əlaqədə olmayan, lakin radioaktiv xassələr göstərən izotoplar mövcuddur. 200-dən artıq bu cür radioizotoplar mövcuddur ki, onların yarımparçalanma periodu bir neçə saniyədən bir neçə milyard ilə çatır.

Ekoloqlar üçün yarımparçalanma periodu böyük olan izotoplar maraq kəsb edir: ^{40}K, ^{87}Rb, ^{147}Sm, ^{14}C, ^{176}Lu, ^{187}Re. Bu izotoplar içərisində ^{40}K daha böyük maraq kəsb edir (o yer qabığında çox yayılmışdır 0,012%). ^{40}K iki yolla parçalanır. Onun atomlarının təqribən 88%-i β-parçalanaraq ^{40}Ca atomuna çevrilirlər. Atomların digər 12%-i K-zəbt etmə zamanı ^{40}Ar atomlarına çevrilir. Kaliumun bu xassəsindən istifadə edərək kalium-arqon metodu ilə dağ süxurlarının və mineralların yaşı təyin olunur.

Bütün təbii radioaktiv izotoplar içərisində rəngsiz, iysiz qaz olan radon insanların aldığı illik effektiv ekvivalent dozanın 75%-ni yaradır. Yer qabığından ayrılan ^{222}Rn və ^{220}Rn hesabına insanlar açıq yerlərə nisbətən qapalı yerlərdə əsas dozanı qəbul edir (açıq yerlərə nisbətən 8 dəfə artıq). Radonun əsas mənbələri bunlardır: fundament torpağı, yaşayış binalarının tikinti materialları (60 kBk/sut), xarici hava (10 kBk/sut), məişətdə istifadə olunan su (4 Bk/sut), təbii qazın yanması (3 kBk/sut).

Digər radiasiya mənbələrinə misal olaraq daş kömürü, fosfatları, fosforlu gübrələri, su hövzələrini və s. göstərmək olar.

Ümumiyyətlə, təbii ionlaşdırıcı mənbələr illik ekkektiv ekvivalent dozanın 90%-ni yaradır ki, onun 5/6 hissəsi yer mənbələrinin, 1/6 hissəsi isə kosmik mənbələrin payına düşür.

MÜHAZİRƏ 22. SÜNİ İONLAŞDIRICI ŞÜA MƏNBƏLƏRI VƏ ONLARIN XARAKTERİSTİKASI

1. Tibbdə istifadə olunan ionlaşdırıcı şüa mənbələri

Son 100 ildə insanlar bir neçə yüz sayda süni radionuklidlər yaratmış və atom enerjisinin sülh məqsədlərlə istifadəsini öyrənmişdir. Bunlara misal olaraq tibbdə, elektrik enerjisinin alınmasını, yanğınların müəyyən edilməsi, gecəgörmə cihazlarının və faydalı qazıntıların axtarılmasını göstərmək olar. Süni ionlaşdırıcı şüalardan insanların aldığı doza təbii radiasiyadan kəskin fərqlənir və daha təsirlidir.

İnsanların texnogen radiasiya mənbələrindən aldığı dozanın əsas hissəsini hazırki dövrdə ionlaşdırıcı şüaların tətəbiqi ilə əlaqəli olan tibbi proseduralar və müalicə metodlarıdır. Misal olaraq ağciyərlərin flüoroqrafiyasını, dişlərin rentgen şəklinin çəkilişini, döş qəfəsi və qarın boşluğu orqanlarının rentgenskopiyasını, bədxassəli şişlərin müalicəsini və s. göstərmək olar.

Bu zaman Yerdə yaşayan bütün insanlar üçün illik kollektiv doza 1,6 mln. Zv təşkil edir ki, bu da təbii fonun təqribən 1/5-nə bərabərdir. Bu doza müxtəlif ölkələrin insanları arasında fərqli paylanır. Tibbi mənbələrdən alınan dozanın əsas hissəsini diaqnostik yoxlamalara məruz qalan insanlardır ki, bu insanların sayı illik 100 milyondan çoxdur. Tibbi yoxlama zamanı bir insan üçün ildə 0,4 mZv-ə ekvivalent doza ilə şüalanır. Diaqnostikada daha çox yayılmış şülünma növü rentgen şüalarıdır. İnkişaf etmiş ölkələrin məlumatlarına görə il ərzində hər 1000 nəfərdən 300-900-ü yoxlamalara məruz qalır. Bu zaman dişlərin rentgen yoxlanılması və kütləvi flüoroqrafiya nəzərə alınmamışdır. Təkmilləşdirilmiş texnikanın tətbiqi (kompüter tomoqrafiyası, daha həssas təbəqələrin istifadəsi, elektroqrafiya, rasional ekranlaşma və s.) diaqnostik və müalicəvi prosedurun effektivliyini azaltmadan şalanma dozasını kəskin azaltmağa imkan verir.

Orqanizmdə baş verən müxtəlif proseslərin tədqiqi və şişlərin lokallaşması üçün radioizotoplar tətbiq edilir. Son illər onların tətbiqi artmışdır, lakin hələ də

rentgenoloji müayinələrlə müqayisədə az istifadə olunur: sənayesi güclü inkişaf etmiş ölkələrdə hər 1000 nəfərdən 10-40 nəfəri radioizotop müayinələrə müraciət edir. Qeyd etmək lazımdır ki, şiş xəstəliklərinin müalicəsində ən effektiv metod şüa terapiyasıdır.

2. Nüvə və termonüvə partlayışları

İlk dəfə 2 dekabr 1942-ci ildə Çikaqo Universitetinin idman meydançasında böyük İtalyan alimi Enriko Ferminin rəhbərliyi altında atom qurğusu buraxılmışdır. Bu nəzəri və təcrübi fizika ilə məşğul olan tanınmış böyük alimlərin yarıməsrlik təaqiqatlarının (P.Küri, M.Sklodovskaya-Küri, E.Rezerford, N.Bor, A.Eynşteyn, M.Plank, F.Jolio-Küri, İ.Jolio-Küri, L.Meytner, D.Çedvik, V.Heyzenberq, İ.V.Kurçatov və s.) uğurlu nəticəsi idi. Ferminin qrupunun həyata keçirdiyi bu nəticə Hitleri qabaqlamaq məqsədilə tezliklə ABŞ-da atom silahının yaradılması olmuşdur.

1944-cü ildə E.Ferminin rəhbərliyi altında ABŞ-da atom bombası yaradılmış və sınaqdan keçirilmişdir. 1945-ci ilin avqustunda isə Yaponiyanın xirosima və Naqasaki şəhərləri bombardman edilmişdir. O zaman bu şəhərlərin əhalisinin 1/3 hissəsi ölmüşdür. Sonrakı illərdə radioaktiv şüalanma ilə əlaqəli olan şüa xəstəliklərindən və leykozdan çoxlu sayda insan məhv olmuşdur.

25 dekabr 1946-cı ildə İ.V.Kurçatovun rəhbərliyi altında idarə olunan uran-qrafit reaktoru buraxılmışdır. Sonra isə ^{235}U əvəzinə nüvə enerjisi mənbəyi kimi plutoniumdan istifadə olunmuşdur. İlk sovet atom bombası 29 avqust 1949-cu ildə sınaqdan keçirilmişdir. Atom partlayışı zamanı parçalanma məhsulları əmələ gəlir, yerüstü partlayış zamanı ^{235}U və ^{239}Pu-un parçalanmayan hissələri isə atmosferə atılır.

Sonra 1953-cü ildə SSSR-də hidrogen bombası yaradıldı və sınaqdan keçirildi. Hidrogen bombasının təsiri deyterium və tritiumun termonüvə qarşılıqlı təsir reaksiyasına əsaslanır:

$$^{2}_{1}H + ^{3}_{1}H \longrightarrow ^{3}_{2}He + n$$

Bu reaksiya çox sürətlə baş verir ($3 \cdot 10^{-6}$ san), lakin onun başlanması üçün çox yüksək temperatur lazımdır ki, bunu da yalnız atom partlayışı zamanı almaq olar. Buna görə də hidrogen bombasında detonator kimi plutoniumdan istifadə olunur. Atom bombasında nüvələrin idarəolunmayan parçalanması baş verir. Lakin sülh məqsədləri ilə idarə olunan zəncirvari reaksiyalar baş verən proses lazımdır. O, 1942-ci ildə çikaqoda E.Fermi tərəfindən yaradılmış reaktora uyğun nüvə reaktorunda mümkün olmuşdur. 1946-cı ildə ilk sovet atom reaktoru buraxılmışdır. Nəticədə elektrik enerjisinin əldə edilməsi, həmçinin təbii ^{238}U, ^{233}U, ^{232}Th-dan ^{239}Pu almaq üçün yeni konstruksiyalı atom qurğuları qurulmuşdur. ^{235}U, ^{239}Pu-un parçalanması və xüsusilə də termonüvə reaksiyaları zamanı çoxlu miqdarda neytron ayrılır. Neytronlar isə ətrafda olan maddələri bombardman etməklə onları radioaktiv maddələrə çevirir. Bu zaman atmosferə külli miqdarda parçalanma məhsulları, xüsusən də ^{137}Cs və ^{90}Sr atılır.

ABŞ, SSSR və Böyük Britaniya tərəfindən nüvə sınaqlarının keçirilməsi 1954-1958-ci illərdə maksimum olmuşdur. Daha güclü sınaqlar isə əsasən ABŞ və SSSR tərəfindən 1961-1962-ci illərdə aparılmışdır. Qeyd etmək lazımdır ki, 1945-1998-ci illərdə 2056 nüvə partlayışı həyata keçirilmişdir. Nüvə partlayışlarının məhsulları atmosferin yuxarı qatlarında illərlə sirkulyasiya edir, bütün yer kürəsini əhatə edərək Yer kürəsinə çökməyə başlayır. Sınaqların intensiv aparıldığı 10 il ərzində insanlar əlavə 2 mZv doza almışlar.

Atom partlayışı zamanı ^{235}U, ^{238}U və ^{239}Pu nüvə yanacaqlarının bölünməsindən yarımparçalanma periodu 1 san-dən milyon ilə qədər olan 36 kimyəvi elementin 200 izotopundan ibarət mürəkkəb qarığıq əmələ gəlir. Bu zaman alınan bütün radionuklidlər β və $\beta+\gamma$ şüalandırıcıdırlar (^{147}Sm və ^{144}Nd α-şüalandırıcıdır). Radioaktiv çirklənmənin digər mənbəyi uran və plutoniumun zəncirvari parçalanması zamanı əmələ gələn neytronların ətraf mühitin müxtəlif maddələri ilə qarşılıqlı təsirindən yaranan məcburi radioaktivlikdir. Aşağıdakı radionuklidlərdən ^{89}Sr, ^{90}Sr, ^{131}J, ^{137}Cs, ^{140}Ba, ^{144}Ce daha böyük maraq kəsb edir. Nüvə parçalanma məhsullarının aktivliyi ilk bir sutkada 50 dəfə azalır.

Termonüvə partlayışları zamanı ətraf mühit əsasən ^{238}U, ^{239}Pu, ^{3}H və ^{14}C

radionuklidləri ilə çirklənir. 1959-cu illərə qədər həyata keçirilmiş termonüvə partlayışları zamanı yer atmosferində təqribən 560 kq ^{14}C əmələ gəlmişdir. Ətraf mühitin çirklənməsi partlayışın xarakterindən, partlayıcının gücündən, atmosfer şəraitindən, coğrafi zonadan və enlikdən asılıdır.

Hava partlayışı zamanı radioaktiv maddələr geniş ərazilərə yayılır. Orta və zəif gücə malik partlayışlar (bir neçə kiloton trotilə ekvivalent) əsasən troposferi – 18 km hündürlüyü çirkləndirir, kiçik və böyük hissəciklər episentrdən bir neçə yüz km məsafədə çökərərk **lokal radioaktiv çirklənməni** əmələ gətirir.

Bir neçə meqatonluq böyük partlayışlar əsasən 80 km hündürlükdə stratosferi çirkləndirir. Hava axıntıları nüvə parçalanma məhsullarının hissəciklərini bir neçə dəfə yer kürəsində dövr etdirir, çöküntülər isə **qlobal çirklənməni** əmələ gətirir. Qeyd etmək lazımdır ki, partlayış məhsulları aşağıdakı kimi paylanır: hava partlayışı zamanı partlayış məhsullarının 99%-i stratosferdə saxlanılır, yerüstü partlayış zamanı məhsulların 20%-i stratosferə daxil olur, 80%-i isə çökür, dənizin üzərində partlama zamanı məhsulların 30%-i sratosferdə qalır. 70%-i isə lokal olaraq çökür. Nüvə parçalanma məhsulları troposferdə 2-3 ay, stratosferdə isə 3-9 il qala bilər. Tətqiqatlar nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, stratosferdə olan məhsullardan hər il 10% ^{90}Sr və ^{137}Cs çökür.

2001-ci ildə dünyada elektrik enerjisinin təqribən 20%-ni istehsal edən 430 atom enerji qurğusu işləmişdir. Atom elektrostansiyalarının sayına görə Qərbi Avropa birinci, sonra isə ABŞ və Kanada yer tutur. Fransada və Belçikada enerjinin 70-80%, İsveçrədə 50%, ABŞ-da 17%, Kanada 15%, Cənubi Koreyada 53%, Tayvanda 48,5%, Rusiyada isə 13%-i hasil edilir.

MÜHAZİRƏ 23. BİOSFER KOMPONENTLƏRİNİN RADİOAKTİVLİYİ

Torpaq və dağ süxurlarının radioaktivliyi ilk dəfə XX əsrin əvvəllərində müşahidə edilmişdir. Sonrakı tədqiqatlar göstərdi ki, coğrafi təbəqələrin bütün obyektləri müəyyən radioaktivliyə malikdir.

Yer qabığında və litosferdə radioaktiv elementlərin paylanması birbaşa müşahidələrlə müəyyən etmək mümkün deyildir. Bu haqda yalnız bir sıra dolayı faktlara və Yerin quruluşu haqqında təsəvvürlərə əsaslanaraq fikir yürütmək olar.

Çökmə süxurlar arasında gilli şistlər və gillər daha yüksək radioaktivliyə malikdirlər. Laboratoriya təcrübələrinə əsasən müəyyən edilmişdir ki, təmiz kimyəvi və üzvi çöküntülər (daş duz, gips, əhəngdaşı, dolomit, kvars qumu və s.) ən aşağı radioaktivliyə malikdirlər. Kontinental çöküntülərlə müqayisədə dəniz çöküntüləri daha radioaktivdir.

Torpaqda radioaktiv elementlərin əsas mənbəyi torpaqəmələgətirən süxurlardır. Buna görə də turş maqmatik süxurlarda inkişaf etmiş torpaqlar radioaktiv elementlərlə (uran, radium, torium, kalium) nisbətən znginləşir. Gilli torpaqlar qumlu torpaqlara nisbətən radioizotoplarla daha zəngindir.

Yumşaq tərkibli torpaqlar maddə tərkibinə görə çökmə süxurlara yaxındır. Torpağın nazik kolloif fraksiyası iri hissəciklərə nisbətən radioaktiv elementlərlə daha zəngindir. Bu eyni zamanda torpağın üzvi tərkib hissəsi üçün də eynidir. Lakin torpağın radioaktivliyi və onun tərkibində olan üzvi maddələrin miqdarı arasında xətti asılılıq mövcud deyil. A.P.Vinoqradovun məlumatlarına görə torpağın üst horizontunda radiumun miqdarı $2,8\text{-}9,5\cdot10^{-10}$% intervalında dəyişir. Əksər torpaqlarda uran və radium arasındakı radioaktiv tarazlığın radiuma doğru yönəlməsi müşahidə edilir ki, bu da uranın qrunt suları ilə yuyulub çıxarılması ilə əlaqədardır.

Qeyd etmək lazımdır ki, torpağın radioaktivliyi ^{40}K və ^{87}Rb təbii izotoplarının mövcudluğu ilə əlaqədardır. ^{40}K radioizotopu bitki və heyvan mənşəli qida məhsullarında müxtəlif dərəcədə toplanır.

Nüvə silahlarının sınaqdan keçirilməsi və texnogen faktorlar torpağın süni

radionuklidlərlə çirklənməsinə gətirib çıxarmışdır. Məsələn, şimal yarımkürəsinin torpaqlarının üst təbəqəsinin radioaktiv seziumla orta çirklənmə sıxlığı 0,12 Ki/m^2 təşkil edir.

Çay və göl sularının radioaktivliyi onların qidalanma mənbələrindən asılıdır. Yağış, qar və buzlaqların suyu az miqdarda duzlar saxlayır, buna görə də dağ rayonlarının su hövzələri radionuklidlərlə az çirklənir.

Təbii radionuklidlər quru sahəsinin su hövzələrinə əsasən yeraltı sularla daxil olur. Qrunt və lay suları göl və çayları qidalandıraraq bu su hövzələrində təbii radioaktivliyin səviyyəsini müəyyən edir. Buna görə də çay və göllərin radioaktivliyi əhəmiyyətli dərəcədə bir-birindən fərqlənir. O dağ süxurlrının mineral və kimyəvi tərkibindən asılıdır. Açıq su hövzələrinin suyunun radioaktivlik dərəcəsinə təsir edən digər vacib amil iqlimdir. Çünki iqlimdən asılı olaraq dağ süxurlarının kimyəvi aşınma dərəcəsi rəbii radionuklidlərin əsas daşıyıcılarıdır.

Nəhayət göllərdə radiizotopların qatılığı su mübadiləsinin həcmindən asılıdır. Quraq iqlimə malik rayonların axmayan göllərində durğun suyun güclü buxarlanması hesabına radioaktiv elementlərlə əhəmiyyətli dərəcədə zənginləşirlər. Uran filizi çıxarılan rayonlara yaxın çaylar istisna edilməklə dəniz sularına nisbətən çay sularında uran, radium, torium, kalium və radonun miqdarı azdır.

Daşqınlar zamanı çay sularının radioaktivliyi azalır. Qışda çayların səthinin buzla örtülməsi hesabına suda radioaktiv qazların – radon və toronun miqdarı artır.

Səth sularına nisbətən yeraltı sular uran, radium, torium və radonla daha zənginləşmişdir. Bu sularda radioaktiv elementlərin miqdarı oradakı süxurların tərkibindən və suyun kimyəvi tərkibindən asılıdır. Suların tərkibində bu və ya digər elementlərin miqdarından asılı olaraq radonlu, radiumlu və uranlı sular fərqləndirilir. Həmçinin qarışıq ərkibli sular mövcuddur: radon-radiumlu, uran-radiumlu və s. Yeraltı sularda radiumun miqdarı $2,5\cdot10^{-11}$%, uranın miqdarı isə $3\cdot10^{-5}$%-ə çatır.

Hələ XX əsrin 30-cu illərində V.Q.Xlopin qeyd etmişdir ki, neft yataqlarının sularında radiumun yüksək qatılığı müşahidə olunur. Hazırki dövrdə

karbohidrogen xammalının yataqları intensiv istismarı nəticəsində təbii radionuklidlərin neft və qaz yataqlarının avadanlıq və borularında toplanmasına gətirib çıxarmışdır.

Ayrı-ayrı yataqlarda avadanlıqlarda ekspozisiya dozasının gücü 6 mR/saata, şlamlarda təbii radionuklidlərin xüsusi aktivliyi 10^5 Bk/kq-a çatır. Bunun nəticəsi işçilərin və əhalinin idarə olunmayan şüalanmasına gətirib çıxarır.

Yerin atmosferi daim qazşəkilli radiaktiv maddələri – radon, toron və s. saxlayır. Bu qazlar daim dağ süxurlarından ayrılır (emanasiya). Radioaktiv emanasiya torpaqdan atmosfer havasına daxil olur, sonra isə hava axınları ilə horizontal və vertikal şəkildə paylanır. Radioaktiv qazlar öz növbəsində bərk radioizotoplara çevrilir və yer səthinə çökür.

Aktinon və toron uzunömürlü deyil. İlkin emanasiyanın yarımparçalanma periodu uyğun olaraq 3,92 və 54,5 saniyədir. Buna görə də onlara az miqdarda atmosferin yerə yaxın təbəqələrində rast gəlinir. Radonun yarımparçalanma periodu isə 3,42 sutka olduğundan həm özü, həm də parçalanma məhsulları külək vasitəsilə ayrıldığı yerdən uzaq məsafələrə aparılır.

Müşahidələr göstərir ki, kontinentlərdə atmosferin aşağı təbəqələrində 1 cm^3 havada 1-2 radon atomu olur. Toronun qatılığı isə 10000 dəfə azdır. Okean üzərində atmosfer havası quruya nisbətən 100 dəfə az radon saxlayır. Hündürlük artdıqca radonun miqdarı azalır. 1 km məsafədə onun miqdarı yer səthinə nəzərən 2 dəfə, 4 km məsafədə isə 14 dəfə azdır.

Havda olan bərk radioaktiv hissəciklər kondensə olunmuş su damcıları tərəfindən tutulut və atmosfer axıntıları ilə yerin səthinə çökür. Yağış və qar yağdıqdan sonra havanın radioaktivliyi azalır. Radioaktiv emanasiya və bərk məhsullardan başqa atmosferdə kosmik şüaların təsirindən əmələ gəlmiş radioizotoplar içtirak edir. Belə radionuklidə ilk növbədə havada az miqdarda olan ^{14}C izotopudur.

MÜHAZİRƏ 24. RADİOAKTİV MİNERAL XAMMALIN ÇIXARILMASI VƏ EMALI

Uran hasil edilən minerallar daim tərkibində radium və radon kimi elementlər saxlayır. Uran zəif radioaktiv olsa da çıxarılan uran filizi çox təhlükəlidir. Uranın çıxarılması və emalı işci heyətə, yaxın ərazilərdə yaşayan insanlara və ətraf mühitə müxtəlif dərəcədə mənfi təsir göstərir.

Qeyd etmək lazımdır ki, təbii uran α-hissəciklər şüalandıran üç izotopdan ibarətdir: ^{238}U, ^{235}U, ^{234}U. Bundan başqa bu izotoplar γ-şüalanma yaradırlar. ^{238}U parçalanması zamanı çoxlu sayda radioaktiv məhsullar – ^{234}Th, ^{230}Th, ^{226}Ra, ^{222}Rn, ^{218}Po və ^{214}Po əmələ gəlir. Bu parçalanma məhsullarına təbii uranla birlikdə filizlərdə rast gəlinir. Uran radioaktiv element olmaqla bərabər, həm də kimyəvi zəhərli elementdir. Nəfəsalma və mexaniki yolla orqanizmə daxil olan uran α-hissəciklər ayırmaqla ağciyər və sümük hüseyrələrinin xərçəngə tutulma təhlükəsini artırır. Bu baxımdan yeraltı mədənlər işçi heyət üçün daha təhlükəlidir. Belə ki, şaxtaçılar radonun parçalanma məhsulları olan ^{218}Po, ^{214}Pb, ^{214}Bi və ^{214}Po-la zəngin hava ilə tənəffüs edirlər.

Bundan başqa uran radiasiya ilə əlaqəli olmayan digət təhlükələr yaradır. Nəfəsalma və mexaniki yolla orqanizmə daxil olmuş həllolmuş uran böyrəkləri sıradan çıxarır. Uran filizi tərkibində digər ağır metalları – arsen, qurğuşun, molibden və manqan saxlayır.

Uran filizlərinin çıxarılması və emalı zamanı külli miqdarda bərk və mayeşəkilli radioaktiv tullantılar əmələ gəlir. Uran və torium istehsalının xatakterik xüsusiyyətlərindən biri bütün radionuklid tullantılarının böyük yarımparçalanma perioduna malik olmasıdır. Adətən uranın filizlərdə miqdarı 0,02-0,03% intervalında dəyişir. Boş süxurlar isə 0,001% uran saxlayır.

Uranla zəngin materiallar ətraf mühit üçün təhlükəlidir, belə ki, öz səthlərindən 10 sm məsafədə 0,1 mZv/saatdan artıq gücdə ekvivalent doza əmələ gətirir. Müasir mədənlərdə şaxta üsulu ilə çıxarılmış 1 ton filizə 0,3 ton, karxanalarda isə 1,5-2 ton boş süxur uyğun gəlir. Buna görə də bərk halında olan

uran filizlərinin boş süxurları filiz çıxarılan müəssisələr ətrafında toz və şüalanma şəklində atmosfer havasını çirkləndirən əsas mənbələrdəndir. Mədənlərdə və karxanalarda min m^2-lə ərazini tutan filizlərin işə yaramayan hissəsi özündə kifayət qədər radionuklid saxlamaqla həmin ərazinin lokal çirklənmə mənbəyidir.

Filizlərdən uranın alınması və emalı zamanı əmələ gələn tullantılar zərərli tibbi və ekoloji nəticələrə səbəb olur. Tərkibində 0,2% uran olan filizdən 2 ton uran almaq üçün 1000 ton filiz emal edilir və bu zaman 998 t süxur tullantı şəklində atılır. Emaldan alınan tullantılar ilkin xammalın 85%-i qədər radioaktivlik göstərir. Eyni zamanda tullantıların tərkibində emal prosesində istifadə olunan sulafat turşusu və ammonium-xloridin təsirindən kimyəvi zəhərli maddələr və toksiki metallar əmələ gəlir. Uranın ilkin zənginləşdirilməsindən tərkibində 40% bərk və 60% maye olan tullantı alınır. Maye tullantılar torpağa nüfuz edərək qrunt sularını çirkləndirmə təhlükəsi yaradır.

Külək erroziyasının təsirindən boş süxurların səthindən tozun və radonun parçalanmasından daim alınan bərk məhsulların uzaq məsafələrə sovurulması baş verir. Bunu nəticəsində süxurun atıldığı yerdən 100 m radiusda torpaqda γ-şüalanmanın ekzpozisiya dozasının gücü 3-5 dəfə fonu üstələyir və bitkilərdə nisbi α-aktivlik 110-250 Bk/kq təşkil edir. Boş süxurlar daimi atmosfer çöküntülərinin təsirinə məruz qalır ki, nəticədə radionuklidlərin yuyulub çıxarılması və qrunt sularının çirklənməsi baş verir. Nəticədə isə dib çöküntülərinin radioaktiv maddələrin artıq miqdarı ilə çirklənməsi baş verir.

Bərk tullantıların miqdarının azaldılması üçün onlar yerin altında basdırılır və səthi bərkidilir. Mədən sularına aid olan radionuklidlərlə doymuş maye tullantılar ətraf mühitin əlavə çirklənmə mənbələrindən biri olub ilk növbədə səthdə olan su hövzələrini çirkləndirir.

60-cı illərin axırlarından başlayaraq uranın çıxarılmasında boş süxurlar probleminin həllində əsas məsələ olan turşu ilə yeraltı yuyulma metodundan istifadə olunmuşdur. Nəticədə uran çıxarılan zonalarda yerüstü təbəqə az dərəcədə çirklənir. Ancaq bu zaman yeraltı suların radionuklidlərlə və turşularla çirklənməsi baş verir.

Uran istehsalının digər mərhələsi uran filizlərinin zənginləşdirilməsi və hidrometallurgiya metodu ilə işlənilməsidir. Bu zaman əsas tullantılar lazımsız filizlər və radioaktiv maddələrlə zəngin mayedir. Hidrometallurgiya prosesi sulfat turşusu məhlulu hazırlamaq üçün çoxlu miqdarda suyun sərfilə xarakterizə olunur. Bu reagentin köməyilə filizlərdən uranın yuyulub çıxarılması həyata keçirilir. 1 ton yuyulan filizə 3-4 m^3 məhlul uyğun gəlir. Sonra alınmış məhluldan uran iondəyişdirici qətranların köməyilə çıxarılır. Dağ-metallurgiya kombinatlarının son məhsulu tərkibində təqribən 85% uran olan U_3O_8-dir. Alınmış son məhsul izotop zənginləşməsi üçün zavoda göndərilir. Hidrometallurgiya prosesinin bərk tullantıları xırdalanmış filizdən uran çıxarıldıqdan sonra qalan şlamdır. Maye ilə işlənilmiş filizdə və şlamda 0,001 % uran və torium vardır.

Məlum olduğu kimi uran mədənlərində və ona yaxın olan ərazilərdə radionuklidlərin yüksək qatılığı müşahidə olunur ki, bu da adətən hədd səviyyəsini bir neçə dəfə üstələyir. Həmçinin radioaktiv filizlərin dəmiryolu ilə daşınması zamanı da təhlükəsizlik texnikasının ciddi pozulması müşahidə olunur. Beləliklə, uran filizinin çıxarılması, anbara yığılması, radioaktiv xammalın emalı, mədənlərdə filizin işə yaramayan hissəsinin toplanması və süxurların daşınması təhlükə yaradır.

Təbii mühitin radionuklidlərlə çirklənməsində əsas mənbələrdən biri də plutonium silahının istehsalı ilə məşğul olan kimya müəssisələri və AES-də işlənilmiş nüvə yanacağının təkrar emalıdır. Bu müəssisələrdə yüksəkaktivlikli tullantı suları germetik konteynerlərə toplanır, az aktivlikli sular isə açıq su hövzələrinə axıdılır. İnsan fəaliyyəti nəticəsində biosferə daxil olan əlavə təbii radionuklidlər mənbəyinə misal kimi fosfor gübrələrinin istehsalı zamanı xammalın çıxarılması və emalını göstərmək olar. Çıxarılan fosforit və apatit filizləri tərkibində yüksək miqdarda uran saxlayır.

2. Karbohidrogen xammalının çıxarılması və emalı

Təbii karbohidrogenlər tərkibində az miqdarda təbii radionuklidlər saxlayır. Neft və qazın yerləşdiyi təbəqədə əhəmiyyətli dərəcədə uran, radium, torium və radon vardır. Neft-qaz çöküntülərində kifayət qədər radioaktivliyin olması

hesabına karbohidrogen xammalının çıxarılması və daşınması zamanı ətraf mühitə təbii radionuklidlər yayılır. Mineral xammalın çıxarılması və emalı prosesində, xüsusilə də neft mədəninin uzun müddətli istifadəsi zamanı təbii radionuklidlərin təhlükəli qatılığı yaranır. Avadanlıqların uzun müddətli istismarı zamanı onların səthində uran və torium ailəsi radionuklidləri saxlayan maddələr toplanır. Neft-qaz kompleksinin istehsal tullantılarında radiumun miqdarı kifayət qədərdir. Radiumun izotoplarının xüsusi aktivliyi uran və toriumun xüsusi aktivliyindən 100 dəfədən çoxdur.

Karbohidrogen xammalının çıxarıldığı və emal olunduğu qurğularında təbii radionuklidlərin toplanmasının iki səbəbi vardır:

1. Neftin çıxarılması və emalı qurğularına daxil olan su fazadan radium duzlarının (karbonatlar və sulfatlar) çökməsi. ^{226}Ra, ^{228}Ra, ^{232}Th və ^{228}Th saxlayan bu cür ərp lay suyunun toxunduğu bütün səthdə əmələ gələ bilər. Bu birləşmələr borularda, faza separatorlarında, nasoslarda, klapanlarda toplanır.

2. ^{222}Rn-un parçalanmasından alınan bərk məhsulların (xüsusilə uzun müddət yaşayan ^{210}Pb) çökməsi və nəticədə qazların emalı və daşınması qurğularının divarlarında aktiv radioaktiv təbəqənin əmələ gəlməsi.

Ancaq ən çox radionuklidlər neftin çıxarılması və ilkin emalının müxtəlif texnoloji mərhələlərində əmələ gələn neft şlamlarında toplanır. Quyulardan çıxarılan neft, qaz və lay suları neft tutucularına daxil olur. Bu tutucularda durultma hesabına bir sıra komponentlərin bir neçə dəfə ilkin ayrılması prosesi baş verir. Bu zaman hər bir tutucuda lay sularından və neftdən kiçikdispers hissəciklər çökür ki, bu da neft şlamını əmələ gətirir. Neft şlamlarında təbii radionuklidlər, xüsusən də lay sularının tərkibində olan radiumun həll olan sulfat və karbonatları toplanır. Bu prosesin hesabına təbii radionuklidlərin neft şlamlarında qatılıq əmsalı 10000-ə çatır.

MÜHAZİRƏ 25. İONLAŞDIRICI ŞÜALARIN TƏSİRİNİN MƏRHƏLƏLƏRI

1. Fiziki mərhələ

İonlaşdırıcı şüaların təsirindən sonra zədələnmənin inkişafının bir neçə mərhələsi müəyyən olunur: fiziki, fiziki-kimyəvi, kimyəvi və bioloji.

Fiziki mərhələ enerjinin udulması ilə ionlaşmış və həyəcanlanmış molekulların əmələ gəlməsi ilə xarakterizə olunur. Şüalanan hüceyrədə həyəcanlanma və ionlaşma züllallara və harbohidratlara, nuklein turşularına və lipidlərə, su molekulu, müxtəlif kiçik molekullu üzvi və qeyri-üzvi birləşmələrə eyni dərəcədə təsir edir. Canlı hüceyrələrdə üzvi və üzvi molekullar enerjini təqribən 25%-ni, su isə 75%-ni udur.

Fiziki mərhələdə baş verən proseslər 10^{-16}-10^{-15} saniyə müddətində baş verir, həyəcanlanmış və ionlaşmış molekulların əmələ gəlməsilə başa çatır.

2. Fiziki-kimyəvi mərhələ

Fiziki-kimyəvi mərhələ müddətində molekullar tərəfindən udulan enerji kimyəvi rabitələrin qırılması və sərbəst radikalların əmələ gəlməsi ilə reallaşır. Əmələ gələn radikallar cütləşməmiş elektronlara malik olduğundan yüksək kimyəvi aktivliklə xarakterizə olunurlar. Qeyd olunduğu kimi canlı sistemlərdə şüalanma enerjisinin təxminən 75%-i su tərəfindən udulur. Bunu nəticəsində suyun radioliz məhsulları əmələ gəlir:

$$H_2O + h\nu \longrightarrow H_2O^* \longrightarrow H^\bullet + OH^\bullet$$

$$H_2O + h\nu \longrightarrow H_2O^\bullet + \bar{e}$$

$$H_2O + \bar{e} \longrightarrow \bar{e}_{hidrat.} \longrightarrow H^\bullet + OH^-$$

$$H_2O + \bar{e} \longrightarrow H^\bullet + OH^\bullet$$

$$H_2O \longrightarrow H^+ + OH^\bullet$$

$$H^+ + \bar{e} \longrightarrow H^\bullet$$

$$H_2O + OH^- \longrightarrow H_2O^* + OH^\bullet$$

$$H_2O + H_2O \longrightarrow H_3O^+ + OH^\bullet$$

Suyun ionlaşması zamanı müsbət yüklü H_2O^+ və elektron ($\bar{e}$) əmələ gəlir. Əmələ gələn elektronlar sürətini azaltdıqdan sonra maddədən keçərək ya su əmələ gətirməklə rekombinasiya olunur ($\bar{e} + H_2O^+ \longrightarrow H_2O$), ya da mənfi yüklənmiş ion H_2O^- əmələ gətirir ($\bar{e} + H_2O \longrightarrow H_2O^-$). H_2O^+ və H_2O^- ionları davamsızdır, stabil H^+ və $OH^\bullet$ hissəcikləri və sərbəst radikallar ($H^\bullet$ və $OH^\bullet$) əmələ gətirməklə parçalanır $H_2O^+ \longrightarrow H^+ + OH^\bullet$ və ya $H_2O^- \longrightarrow OH^- + H^\bullet$.

Suyun radiolizi zamanı əsas məhsullardan biri də hidratlaşmış elektronlardır ($e_{hidrat.}$). Öz hərəkəti zamanı kinetik enerjisini itirən elektron ətrafındakı su molekulları tərəfindən tutulur və "hidratlaşmış elektron" əmələ gəlir.

Suyun radiolizi zamanı əmələ gələn hidroksil radikalı $OH^\bullet$ güclü oksidləşdirici rolunu oynayır. Hidrogen radikalı və hidratlaşmış elektron reduksiyaedici kimi yüksək reaksiya qabiliyyətinə malikdir. Suyun radioliz məhsulları su mihitində 10^{-5} san-dən az müddətdə yaşayır. Bu vaxt ərzində onlar ya bir-biri ilə rekombinasiya olunur, ya da sistemdə olan digər molekullarla kimyəvi reaksiyaya daxil olur. Artıq enerjinin həyəcanlanmış molekullar arasında yenidən paylanması yüksək kimyəvi aktivliklə xarakterizə olunan ion və radikalların əmələ gəlməsinə səbəb olur ki, bu da şüalanmanın təsirinin fiziki-kimyəvi mərhələsinin mahiyyətini təşkil edir. Fiziki-kimyəvi mərhələ 10^{-14}-10^{-11} san. davam edir.

3. Kimyəvi mərhələ. Radiasiyanın birbaşa və dolayı təsiri

Kimyəvi mərhələdə qabaqcadan əmələ gəlmiş yüksək aktivlikli sərbəst radikallar öz aralarında və digər molekullarla qarçılıqlı təsirdə olaraq molekulları müxtəlif dərəcədə zədələnməsinə səbəb olur. Əgər biomolekulun zədədlənməsi bilavasitə udulan şüanın enerjisi ilə baş verərsə bu radiasiyanın **birbaşa təsiri**

adlanır. Əgər biomolekul suyun radioliz məhsullarının kimyəvi təsirindən zədədlənərsə bu radiasiyanın **dolayı təsiri** adlanır.

Fiziki-kimyəvi mərhələdə əmələ gələn yüksək reaksiya qabiliyyətli məhsullardan ən əsası $OH^{\bullet}$, $H^{\bullet}$ radikalları və hidratlaşmış elektrondur. Suyun ilkin radioliz məhsullarının oksigenlə qarşılıqlı təsirindən H_3O^+ ionu, H_2O_2, həmçinin O_2^- superoksid anion-radikalı və $HO_2^{\bullet}$ hidroperoksid radikalı əmələ gəlir ki, bu hissəciklər ilkin radikallarla müqayisədə daha reaksiya qabiliyyətlidir. Suyun hidrolizi zamanı əmələ gələn hidroksil radikalı ($OH^{\bullet}$) güclü oksidləşdirici, hidrogen radikalı ($H^{\bullet}$) və hidratlaşmış elektron ($\bar{e}$) güclü reduksiyaedici, hidrogen-peroksid isə zəif oksidləşdiricidir.

Suyun radiolizi zamanı əmələ gələn $OH^{\bullet}$ və $H^{\bullet}$ radikalları bir-biri ilə qarşılıqlı təsirdə olaraq molekulyar hidrogen H_2 və hidrogen-peroksid H_2O_2 əmələ gətirə bilər.

$$H^{\bullet} + H^{\bullet} \longrightarrow H_2, \quad OH^{\bullet} + OH^{\bullet} \longrightarrow H_2O_2$$

Hidratlaşmış elektron reduksiya reaksiyalarında iştirak edir. Misal olaraq aşağıdakı reaksiyanı göstərmək olar:

$$\bar{e}_{hidrat.} + \underset{sistein}{NH_3^+CH(CH_2SH)COO^-} \longrightarrow H_2S + NH_2CH(CH_2)COO^-$$

Suda azot (I) oksid olduqda hidratlaşmış elektronlar hidroksil radikalına çevrilir:

$$\bar{e}_{hidrat.} + N_2O \longrightarrow OH^{\bullet} + N_2$$

Endogen oksid olan NO arterial damarların tonusunun (fəaliyyət dərəcəsi) əsas tənzimləyicisidir. NO radikalı superoksid anion-radikalı ilə aktiv qarşılıqlı təsirdə olaraq peroksinitrit anionu əmələ gətirir:

$$O_2^- + NO^{\bullet} \longrightarrow ONNO^-$$

Peroksinitrit zülalları və DNT-ni zədələmək qabiliyyətinə malik olan toksiki maddədir və parçalanması zamanı yenidən hidroksil ionu, azot-dioksid və nitronium ionu (NO^{2+}) əmələ gətirir.

Üzvi maddələr içərisində daha radiohəssası hüceyrə membranının struktur əsasını təşkil edən fosfolipiddir. Hidratlaşmış elektron yüksək stabilliklə xarakterizə olunan $R^{\bullet}$ anion-radikalı əmələ gətirməklə üzvi molekullara birləşmək qabiliyyətinə malikdir. Suyun radioliz məhsulları aminturşulara, zülallara, karbohidratlara, nukleotidlərə və fosfolipidlərə təsir edərək maddələrdə həll olan radikallar əmələ gətirə bilər.

Adətən hidroksil radikalının biomolekulla qarşılıqlı təsirdə olduqda üzvi maddədən hidrogenin ayrılması baş verir:

$$RH + OH^{\bullet} \longrightarrow R^{\bullet} + H_2O$$

Üzvi maddələrlə hidrogen radikalının qarşılıqlı təsiri zamanı aşağıdakı reaksiya baş verə bilər:

$$RH + H^{\bullet} \longrightarrow R^{\bullet} + H_2$$

sərbəst amin qrupu olduqda isə dezaminləşmə ilə bütün proseslər başa çatır:

$$RNH_2 + H^{\bullet} \longrightarrow R^{\bullet} + NH_3$$

Radiasiyanın birbaşa və dolayı təsiri zamanı əmələ gələn üzvi radikallar yüksək reaksiya qabiliyyəti ilə xarakterizə olunurlar. Onlar aşağıdakı reaksiyalarda iştirak edə bilər:

hidroksidləşmə: $R^{\bullet} + OH^{\bullet} \longrightarrow ROH$

hidrogenləşmə: $R^{\bullet} + H^{\bullet} \longrightarrow RH$

hidroksiperoksid radikalının əmələ gəlməsi: $R^{\bullet} + O_2 \longrightarrow ROO^{\bullet}$

$$ROO^{\bullet} + RH \longrightarrow ROOH + R^{\bullet}$$

Üzvi radikallar oksigenlə birləşərək $RO_2^{\bullet}$ tipli peroksid radikalı əmələ gətirir. Alınmış radikal digər birləşmələrdən hidrogen ayırmaqla hidroksiperoksidə keçə bilər:

$$RO_2^{\bullet} + RSH \longrightarrow ROOH + RS^{\bullet}$$

Üzvi radikallar müxtəlif reaksiyalarda iştirak edərək adətən inaktivləşirlər. Ancaq şüalanma zamanı əmələ gələn sərbəst radikal vacib fermentativ

reaksiyalarda iştirak edən normal radikallarla qarşılıqlı təsirdə olaraq onu inaktivləşdirir.

Kimyəvi mərhələnin müddəti 10^{-6}-10^{-3} san.-dir.

MÜHAZİRƏ 26. RADİOAKTİV MADDƏLƏRİN ORQANİZMƏ DAXİL OLMA YOLLARI VƏ METABOLIZMI

Bir çox radionuklidlər az miqdarda belə çox yüksək bioloji aktivlik göstərirlər. Belə ki, 50 mkKi ^{210}Po-un (bu doza insan orqanizminə daxil olduqda qaraciyər və böyrəyin funksiyalarının kəskin pozulması gözlənilir) kütləsi $12 \cdot 10^{-9}$ q, 1 mKi ^{90}Sr isə 8 mkq-da olur (siçovullar üçün LD_{50}). Hətta radionuklidlərin çətin həll olan birləşmələrinin az da olsa müəyyən miqdarı məhlulda ion şəklində olur ki, onların bioloji baryeri keçməsini, orqanizmdə sorulmasını və yayılmasını asanlaşdırır.

Radioaktiv maddələr daxili mühitə inhalyasiya (nəfəsalma), həzm yolu ilə və dəri vasitəsilə orqanizmə daxil olur. Sorulmuş radioaktiv maddələr limfa və qandan keçərək toxuma və orqanlara düşərək onlarda toplana və hüceyrələrin daxilinə keçərək hüceyrədaxili struktura təsir edə bilər. Radioaktiv maddələrin sorulması, orqan və toxumalarda paylanması və bioloji təsiri onun daxil olma yolundan asılıdır.

Radioaktiv maddələrin inhalyasiya ilə daxil olması. Alveolların ümumi sahəsi 100 m^2-dir ki, bu da dərinin səthini təqribən 50 dəfə artırır. Nəticədə radioaktiv maddə aerozolları və radioaktiv qazların və buxarların dəri ilə kontaktı artır. Nəfəsalma orqanlarına daxil olan radionuklidlər müxtəlif dərəcədə ağciyərlərdə və yuxarı tənəffüs yollarında saxlanıla bilər. Nəfəsalmadan sonra tənəffüs orqanlarında qalan radioaktiv maddələrin miqdarına aerozolların ölçüsündən, sıxlığından, hissəciklərin formasından, rütubətdən, hiqroskopiklikdən, həllolma və kimyəvi təbiətdən asılı olan aerodinamik xassələr təsir edir. Ağciyərlərdə əsasən diametri 0,01-1 mkm olan hissəciklər toplanır. Bundan başqa tənəffüs sisteminin anatomik-fizioloji xüsusiyyətləri – alveol və bronxial səthlərin ölçülərinin nisbəti, ağciyərin həcmi, tənəffüsün tezliyi, tənəffüs yollarında havanın hərəkətinin sürəti və s. orqanizmdə radioaktiv maddələrin miqdarına təsir edir.

Radioaktiv maddələrin həzm yolu ilə daxil olması. Həzm yolu – radioaktiv maddələrin orqanizmə daxil olmasının ikinci əsas yoludur. Bu maddələr

ətraf mühitə düşdükdən sonra həm bilavasitə, həm də bioloji zəncirə qoşulduqdan sonra orqanizmə daxil ola bilər. Orqanizmə daxil olduqdan sonra radioaktiv maddənin zərərli təsiri onun həzm kanallarının divarlarını şüalandırması və radioaktiv maddələrin qan və limfada sorulmasıdır.

Radionuklidlərin həzm yolunda hərəkəti qidada olan digər maddələrdən fərqlənmir. Radioaktiv maddənin sorulması maddənin kimyəvi xassələrindən (ən başlıca həll olması), həzm yolunun fizioloji vəziyyətindən (mühitin pH-ı və s.) və qidanın tərkibindən asılıdır. Məsələn, süd radioaktiv stronsiumun sorulmasını artırır. Qidada stabil izotopların miqdarının artması ilə radionuklidlərin sorulması azalır. Həzm yolunda əsasən qələvi elementlər (K. Ca, Na, Rb, Cs) və az dərəcədə qələvi torpaq elementləri (Sr – 40-60%, Co – 30%, Mg – 10%, Zn – 10%, Ba – 5%) sorulur. Transuran və nadir torpaq elementləri həzm yolunda çətin həll olan birləşmələr əmələ gətirir və buna görə də çox zəif sorulur (Po – 6%, Ru – 3%, U – 3-6%, Pu – 0,01%, Zr – 0,01%). Yaxşı həll olan radionuklidlərin sorulması əsasən nazik bağırsaqda, ən az isə mədədə baş verir.

Həll olaraq ion formasında olan radionuklidlər daha intensiv və tamamilə sorulur. Qələvi metalların və halogenlərin radionuklidləri həzm yoluna düşdükdən sonra tamamilə qana sorulur. Nadir torpaq elementlərinin, plutonuim və transuran elementlərinin izotoplarının duzları hidrolizə meylli olduğundan çətin həll olan və həllolmayan birləşmələr əmələ gətirir ki, bu birləşmələr də bağırsaqlarda orqanizmə daxil olan miqdarın faizinin yüzdə və mində bir hissəsi qədəri sorulur. Sorulmuş radionuklidlər bir neçə dəfə təkrar olaraq həzm kanalına daxil olub, onun selikli qişasını əlavə şüalandıra bilər. Az həll olan və həll olmayan γ-şüalandırıcılar bağırsaqları və qarın boşluğunun digər orqanlarını, β-şüalandırıcılar isə əsasən bağırsaqların selikli qişasını şüalandırır.

Radioaktiv maddələrin dəri vasitəsilə daxil olması. Radioaktiv maddələrin əksəriyyəti zədələnməmiş dəridən praktiki olaraq keçə bilmir. Bu zaman tritium oksid, yod, uranil nitrat və sulfat, həmçinin polonium istisnadır. Radioaktiv maddələrin dəridən nüfuz etməsi çirklənmiş ərazinin sahəsindən, çirklənmənin tərkibinə daxil olan birləşmələrin fiziki-kimyəvi xassələrindən, suda

və lipidlərdə həll olmasından, mühitin pH-dan və dərinin fizioloji vəziyyətindən asılıdır. Temperatur artdıqca qan və limfa damarlarının genişlənməsi, həmçinin piy və tər vəzilərinin üstünün açılması hesabına radionuklidlərin sorulması artır.

Dərinin kəsilmiş və zədələnmiş hissələrindən qələvi, qələvi-torpaq və halogen radionuklidlərin adi dəriyə nisbətən 100-200 dəfə artıq sorulması baş verir. I və II dərəcəli yanıq səthlərindən nüvə partlayışı məhsulları 2-10 dəfə daha tez sorulur. Çətin həll olan radioaktiv maddələrin sorulması limfa yolu ilə baş verir və nəticədə limfa düyünlərində radionuklidlər toplanır. Çətin həll olan formaya malik radionuklidin olduğu yerdə şişlər meydana gəlir (xüsusilə sümük şişləri).

Qana sorulmuş radioaktiv maddələrin metabolizmi. Qanda radionuklidlər sərbəst şəkildə və ya müxtəlif tərkibli kimyəvi birləşmələrin və komplekslərin tərkibində ola bilər. Radionuklidlərin əksər hissəsi proteinlə birləşmiş şəkildə olur. Qana daxil olmuş radionuklidlərin bir hissəsi orqanizmdən çıxır, digər hissəsi isə orqanlara keçərərk orada toplanır. Radionuklidlərin orqanda *qatılığı* və *miqdarı* analyışları sinonim deyildir. Qatılıq dedikdə radionuklidin Bk/q ilə ifadə olunmuş xüsusi aktivliyi, miqdar isə bütün orqanda aktivliyin mütləq qiymətidir. Orqanda radioaktiv maddənin qatılığı izotopun radioaktiv parçalanmasından və onun bioloji çıxarılmasından asılıdır. Orqanda izotopun qatılığının ümumi azalma sabiti ($T_{eff.}$) radioaktiv parçalanma və bioloji çıxarılma sabitlərinin cəminə bərabərdir. Hesablamalarda adətən yarımparçalanma periodu və bioloji yarımçıxarılma periodu ilə əlaqəli olan effektiv yarımçıxarılma periodundan ($T_{eff.}$) istifadə olunur:

$$T_{eff.} = \frac{T_{fiz.} \cdot T_{biol.}}{T_{fiz.} + T_{biol.}}$$

Radionuklidlərin orqanizmə və ayrı-ayrı orqanlara uzun müddət daxil olması zamanı onun ümumi miqdarın müəyyən hissəsi orqanlarda toplanır.

MÜHAZİRƏ 27. RADİONUKLİDLƏRİN TƏSİR XÜSUSİYYƏTLƏRİ

Radioaktiv yod (^{131}I). ^{131}I yarımparçalanma periodu 8,05 sutka olan β və γ-şüalandırıcıdır. β-hissəciklərin enerjisi 0,25-0,82 MeV, γ-kvantların enerjisi isə 0,08-0,72 MeV-dur.

Yodun birləşmələri yaxşı həll olur, orqanizmdə daxil olduqda tamamilə qana sorulur. Yodun əsas hissəsi inhalyasiya zamanı sorulur. Qana daxil olmuş yodun təqribən 30%-i qalxanabənzər vəzdə toplanır və buradan onun bioloji yarımçıxarılma periodu ($T_{biol.}$) 120 sutkadır. Qalxanabənzər vəzidən effektiv yarımçıxarılma periodu ($T_{eff.}$) 7,5 sutkadır. Adsorbsiya olunmuş yodun 70%-i müxtəlif orqan və toxumalarda bərabər paylanır. Uşaqlarda və yeniyetmələrdə qaıxanabənzər vəzinin kütləsi böyüklərə nisbətən az olduğundan radioaktiv yodun eyni miqdarı daha böyük dozada şüalanır.

^{131}I izotopunun zəhərliliyini aşağıdakı məlumatlarala xarakterizə etmək olar. ^{131}I siçovulların mədəsinə bir dəfə daxil olduqda LD_{30} 88,8 Bk/q təşkil edir. Bu dozadan 10 dəfə az dozada izotop daxil olan zaman heyvanlarda qalxanabənzər vəzinin destruktiv proseslərinin inkişafı və hipofizdə kəskin şəkildə dəyişiliklər müşahidə olunur. Bundan başqa heyvanlarda cinsi funksiyaların pozulması və nəsilvermək qabiliyyətinin tamamilə kəsilməsi müşahidə olunur. Radiasiya təsirindən sonra insanlarda qalxanabənzər vəzin bədxassəli şişlərinin inkişafının riski $5\cdot10^{-4}$ Zv^{-1} təşkil edir.

Radioaktiv sezium (^{137}Cs). ^{137}Cs yarımparçalanma periodu 30 il olan β- və γ-şüalandırıcıdır. β-hissəciklərin enerjisi 0,51 MeV, γ-şüaların enerjisi isə 0,662 MeV-dur.

İnsan orqanizmində ^{137}Cs-un yol verilən miqdarı 33 mkKi-dir. İnsan orqanizminə seziumun əsas hissəsi qidadn, 25%-ə qədəri isə tənəffüs orqanları ilə daxil olur. Seziumun əksər duzları yaxşı həll olduğundan radioaktiv seziumun ağciyərlərdən və həzm yolundan mənimsənilməsi tez və tam baş verir. Bu radionuklidin orqanizmdə paylanması eynidir. Seziumun 50%-i əzələlərdə qatılaşır, əzələlər nə qədər intensiv işləyirsə radioaktiv sezium onda bir o qədər çox

toplanır.

^{137}Cs-un ən böyük miqdarı miokardda (ürəyin əzələ qişası) müəyyən edilmişdir. Daxil olduqdan uzun müddət sonra sezium böyrəklərdə və qaraciyərdə müşahidə olunur. Orqanizmə daxil olan seziumun 5%-dən az miqdarı isə skeletlərdə toplanır.

İnsan orqanizmindən ^{137}Cs-un effektiv yarımçıxma periodu 50-150 sutka (orta 110 sutka) təşkil edir. Sezium asanlıqla plasentadan dölün orqanizminə keçir. Südverən heyvanlarda seziumun təqribən 10%-i sedə keçir.

Radioaktiv sezium nüvə parçalanması məhsulları içərisində ətraf mühiti ən çox çirkləndirən maddədir. Atom elektrik stansiyalarının tullantıları ilə ^{137}Cs təkcə havaya deyil, həmçinin su mühitinə (xüsusilə sualtı atom qayıqları) daxil olur. Bu cür avadanlıqlarda qəzalar zamanı su mühitinin çirklənməsi ciddi təhlükə törədir. Bundan başqa seriumun izotopları kimyəvi tədqiqatlarda, şüa terapiyasında, defektoskopiyada və radiobioloji tədqiqatlarda tətbiq olunur.

Sezium izotopları asanlıqla bioloji dövrana qoşulur və bioloji zəncirlər vasitəsilə sərbəst miqrasiya edir. Hazırda ^{137}Cs müxtəlif insan və heyvan orqanizmlərinin hər yerində aşkar olunur.

Radioaktiv stronsium (^{90}Sr). ^{90}Sr yarımparçalanma periodu 28,6 il olan β-şüalandırıcıdır. Onun parçalanması zamanı buraxılan β-hissəciklərin enerjisi 0,54 MeV təşkil edir. ^{90}Sr-un parçalanması zamanı yarımparçalanma periodu 64,2 saat olan ^{90}Y əmələ gəlir. ^{90}Y həmçinin β-şüalandırıcıdır və hissəciklərin enerjisi 2,18 MeV təşkil edir. ^{90}Sr-un orqanizmdə yol verilən miqdarı 2mkKi təşkil edir.

Yer səthinə çökmüş stronsium izotopları bioloji zəncirlə miqrasiya edərək sonda insan orqanizminə daxil olur. Həzm yolundan radioaktiv stronsiumun mənimsənilmə dərəcəsi və sürəti, onun hansı kimyəvi birləşmənin tərkibinə daxil olmasından, insanın yaşından və orqanizmin funksional vəziyyətindən, həmçinin qida normasından asılıdır. Belə ki, cavan insanlarda stronsium tez və tamamilə mənimsənilir. Qidada kalsiumun miqdarının artması stronsium birləşmələrinin mənimsənilməsini azaldır. Qidada süd olduqda stronsiumun mənimsənilməsi yüksəlir.

Mənimsənilmiş stronsium minerallar mübadiləsinə asan qoşulur. Kalsiumun analoqu olmaqla radioaktiv stronsium sümükdə və sümük iliyində toplanır. Stronsiumun az həll olan birləşmələri inhalyasiya yolu ilə orqanizmə daxil olduqda asanlıqla ağciyərlərdə toplanır. Qeyd etmək lazımdır ki, bütün yollarla daxil olmuş bütün stronsiumun 90%-i sümükdə və sümük iliyində toplanır.

Stronsiumun effektiv yarımçıxarılma periodu 17,5 ildir. 400 mkKi ^{90}Sr-un daxil olması 2 ay ərzində sümük iliyində 1 Zv doza yaradır. Bu radionuklid orqanizmə daxil olduğu və çıxdığı orqanlarda (ağızın selikli qişası, yuxarı tənəffüs yolları, bağırsaqlar) daha çox dəyişiliklər müşahidə olunur. Daha sonra böyrəklərin funksiyası pozulur. Radioaktiv stronsiumun uzun müddət daxil olması zamanı tədricən anemiya (qanazlığı) inkişaf edir və orqanizmin yaşama müddəti azalır. ^{90}Sr-un yarımparçalanma müddəti böyük olduğundan çirklənmədən sonra ətraf mühit obyektlərində və ərazilərdə çirklənmə səviyyəsi uzun müddət saxlanılır.

Polonium (^{210}Po). ^{210}Po yarımparçalanma periodu 138,3 gün olan α-şüalandırıcıdır. α-hissəcihlərin enerjisi 5,3 MeV təşkil edir. Polonium aktivasiya analizində α- və neytron mənbələrinin hazırlanmasında, həmçinin kosmik qurğularda kiçik ölçülü enerji mənbələrinin yaradılmasında tətbiq olunur. Az miqdarda polonium tüstü qazlarında və tütün dumanında olur. Hər gün poloniumun kifayət qədər miqdarı (3,7 Bk-ə qədər) şibyələrlə (polonium şibyələrdə toplanır) qidalanan maral əti vasitəsilə eskimosların orqanizminə daxil olur. Polonium insan orqanizminə inhalyasiya və dəri vasitəsilə daxil ola bilər. Zədələnməmiş dəri hissəsindən sutka ərzində insan orqanizminə 2%-ə qədər polonium keçə bilir. Yüksək xüsusi aktivliyi və toksikliyi hesabına (1 q-də 4500 Ki) az miqdarda daxil olduqda belə ciddi təhlükə törədr.

^{210}Po orqanizmə daxil olduqdan az sonra böyrəklərdə, dalaqda və qaraciyərdə toplanır. Göstərilən orqanlarda hüceyrə dozası tez formalaşır – 100 günə 80% doza. Buna görə də klinik təzahürlər tez inkişaf edir. Bu zaman kapillyarlarda, bütövlükdə qan dövranı sistemində, ferment sisteminin vəziyyətində və qaraciyərin öd ifrazında dəyişiliklər müşahidə olunur. Poloniumun effektiv yarımçıxarılma periodu 30-40 sutkadır.

Radon (^{222}Rn). Radium və toriumun parçalanması zamanı əmələ gələn radon təbii radioaktiv maddələr qrupuna aiddir. Təbii radiasiya mənbələrindən alınan dozanın yarısı radona və onun parçalanma məhsullarına uyğundur. Radon – rəngsiz, iysiz, dadsız qazdır. Havadan 7,5 dəfə ağırdır. Radonun üç izotopu vardır: ^{238}U izotopunun parçalanması zamanı əmələ gələn ^{222}Rn (parçalanma yarımperiodu 3,8 sutka), ^{232}Th-un çevrilmə məhsulu olan ^{220}Rn (əvvəllət toron adlandırılmışdır, yarımparçalanma periodu 55 san.), ^{235}U izotopunun parçalanması zamanı əmələ gələn ^{219}Rn (parçalanma yarımperiodu 3,9 san.).

^{222}Rn-un α-şüalanmasınınn enerjisi 5,48 MeV təşkil edir. α-hissəciklər buraxmaqla radon yarımparçalanma periodu 3 dəq və α-şüalandırıcı olan ^{218}Po-a çevrilir. α və β-hissəciklər buraxmaqla əmələ gələn qısaömürlü aralıq məhsullar stabil qurğuşun izotopu alınana kimi radioaktiv parçalanma davam edir. Kimyəvi cəhətdən inert olan radondan fərqli olaraq onun parçalanma məhsulları elektrik yükünə malikdir və havada olan toz hissəcikləri ilə asanlıqla birləşir. Əmələ gələn nazikdispersli aeroszol nəfəsalma zamanı nənəffüs yolunu divarlarına və alveollara çökür. Radon həmçinin dəri vasitəsilə insan orqanizminə daxil ola bilər.

Ağciyər xərçəngi xəstəliyinin 10%-ə qədəri insana radon və onun parçalanma məhsullarının təsirilə əlaqədardır. İnsanlar radondan aldığı dozanın əsas hissəsini bağlı və pis ventilyasiya sistemli binalardan xüsusilə də zirzəmilərdə və binaların aşağı mərtəbələrində alırlar. Bu yerlərə radon qruntdan, həmçinin binaların tikilməsi üçün istifadə olunan materialdan daxil olur. Müəyyən edilmişdir ki, açıq hava ilə müqayisədə yaşayış binalarının havasında radonun qatılığı 5000 dəfə çox olur. Radonun evlərdə yol verilən miqdarı 250 Bk/m^3 təşkil edir. Az miqdarda radon evlərə su və təbii qazla daxil olur. Radonla əlaqədar xərçəng xəstəliyinin yaranmasının ən böyük riski uran mədənlərində işləyən şaxtaçılardadır.

MÜHAZİRƏ 28. RADİONUKLİDLƏRİN TORPAQDA VƏ SUDA MİQRASİYASI

Yerüstü ekosistemlər torpaqla sıx əlaqədardır. “Torpaq-məhlul” sisteminin tədqiqi nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, torpaq tərəfindən süni və təbii radionuklidlərin udulması torpağın kimyəvi elementlərinin təbiətindən, torpağın xassələrindən və topraq məhlulunun tərkibindən asılıdır. Təbii izotoplardan uran və torium, süni izotoplardan isə plutonium, dəmir və sezium daha möhkəm əlaqələnir. Plutonium, stronsium və sezium torpağın vertikal kəsik hissəsi ilə çox yavaş miqrasiya edir.

Kimyəvi elementlər torpaqda həllolmuş və adsorbsiya olunmuş vəziyyətdə olurlar. Birinci halda onlar bitkilər üçün daha əlverişlidir. Torpağın sorbsiya qabiliyyəti ilk növbədə onun tərkibindən asılıdır. Torpaqda üzvi maddələr (xüsusən humus) və lilli hissəciklər nə qədər çox olarsa, torpaq radionuklidləri bir o qədər çox toplayır. Bu xassəni radionuklidləri yaxşı fiksasiya edən çəmənlikli torpaqlar göstərir. “Torpaq-məhlul” sistemində bütün radionuklidlərin mütəhərrikliyi azaldığından bu kimyəvi elementlərin torpaqla qarşılıqlı təsir müddəti artır.

Radionuklidlərin torpaq tərəfindən udulmasına onun pH-ı və torpaq məhlulunun tərkibi təsir edir. pH-ın artması ilə torpaq tərəfindən dəmir, serium, kobalt və ittiriumun udulması azalır. Bu xüsusilə torpaqda üçvalentli dəmir və alüminium olduqda daha çox nəzərə çarpır, belə ki, bu metalların hidroksidlərinin kolloidləri torpaq tərəfindən çətin sorbsiya olunan radioizotopları asan sorbsiya edir.

Rusiya Elmlər Akademiyasının “Bitki və heyvanların ekologiyası” institutu tərəfindən mürəkkəb süni birləşmələrdən (kompleksonlar) istifadə etməklə müxtəlif təcrübələr aparılmışdır. Adətətn kimyəvi formulu $C_{10}H_{16}O_8N_2$ olan etilendiamintetraasetat turşusundan istifadə olunur. Müəyyən edilmişdir ki, bu maddənin iştirakında torpaq tərəfindən dəmir, kobalt, ittirium, serium və az dərəcədə stronsiumun sorbsiyası azalır. Torpaqdakı seziumun sorbsiyasına

komplekson təsir etmir. Qeyd olunan hallarda radionuklidlər EDTA ilə davamlı birləşmələr əmələ gətirir ki, bu da torpaq məhlulunda qalır.

Belə bir effekti həmçinin tökülmüş yarpaqların ekstraktları göstərir. Bu ekstraktların iştirakında torpaq məhlulunda əksər radionuklidlərin həllolması 5-6 dəfə artır ki, bu da radionuklidlərin torpaqdan məhlula keçməsinə imkan verir. Bitki ekstraktlarının bu xassəsi üzvi maddələrin radioizotopları suda həll olan kompleks birləşmələrə keçirmək qabiliyyəti ilə izah olunur. Bu vacib nəticədən yuxarıda göstərilən radioizotoplar saxlayan torpağın dezaktivasiyasında istifadə etmək olar. Ancaq bu zaman radioaktiv seziumun bir hissəsi torpaqda qalır. Torpaqdan radionuklidlərin çıxarılmasının üçün desorbentlərdən istifadə təklif edilmişdir.

"Torpaq-məhlul" sistemində radionuklidlərin miqrasiyası torpağın su ilə təminatından asılıdır. Məsələn, rütubətli torpaqda stronsiumun mütəhərrlikliyi 10 dəfə artır. Təcrübələr nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, yuma ilə torpaqdan radionuklidləri çıxarmaq olar. Lakin bu zaman torpağın məhsuldarlığı kəskin aşağı düşür, çünki bu proses zamanı kimyəvi elementlərlə birgə torpaqdan onun əsas hissəsi – humusu çıxarılır.

Radionuklidlər "qocalma" qabiliyyətinə malikdirlər. Müşahidələr göstərmişdir ki, torpağın 5 sm təbəqəsində stronsiumun miqdarı uzun müddət ərzində dəyişmir. Bu müddət ərzində gəmiricilərin skletində stronsiumun qatılığı təqribən 3 dəfə azalır. Bu stronsiumun tədricən suda həll olmayan duza keçməsi ilə izah olunur. Stronsium torpaq tərəfindən az udulur. Onun əksər hissəsi torpaq məhlulunda qalır və buna görə də asanlıqla bitkilərə daxil olur.

Bitkilərdə radionuklidlərin miqdarı həmçinin onların kimyəvi elementləri seçici akkumulyasiya etmək qabiliyyətindən asılıdır. Bitkilərin əksər hissəsi radioaktiv maddələri toplayır. Bu bitkilərə ilk növbədə mamırlar aiddir. Müəyyən edilmişdir ki, bu bitkilər tərəfindən radionuklidlərin toplanması əhəmiyyətli dərəcədə qlobal atmosfer çöküntülərinin radioaktiv çirklənmə dərəcəsini qiymətləndirməyə imkan verir.

Heyvanların orqanizmində olduğu kimi radionuklidlərin bitkilərin müxtəlif hissələrində paylanması müxtəlifdir. Süni radioizotopların əksəriyyəti bitkilərin vegetativ orqanlarında və kökündə, az miqdarda isə toxumlarında toplanır.

İlkin çirklənmiş səthlərdən radionuklidlərin əksər hissəsi qar və yağış suları ilə yuyularaq açıq sahələrə, bəzən isə qrunt sularına daxil olur. Daimi çirkləndiricilərə misal olaraq su hövzələrinin, çayların, göllərin və dənizlərin sahilində qurulan AES-ləri göstərmək olar. Bu zaman nüvə-energetik qurğularda reaktorları soyutmaq üçün böyük həcmdə sudan istifadə olunur ki, bu suya da radioaktiv korroziya məhsulları və az miqdarda radioaktiv tullantılar daxil olur. Ümumiyyətlə isə Yerin su mühitinə 80% antropogen mənşəli radioaktiv tullantılar daxil olur. Su hövzələrinə radionuklidlərin axması radionuklidlərin torpaqla qarşılıqlı təsir sürətindən asılıdır. Torpaqdan su hövzələrinə ^{90}Sr-un axması zamanı onun yarımtəmizlənmə periodu 2,4 ilə, ^{137}Cs-da isə stronsiumla müqayisədə 10 dəfə azdır.

Su mühitinə daxil olmuş radioaktiv maddələr ilkin olaraq dənizin üst horizontunda saxlanılır və tədricən aşağıya doğru miqrasiya edir. 700 m dərinlikdə stronsiumun miqdarı dənizin səthindəki miqdarın 20-30%-ni təşkil edir. Okeanla müqayisədə dənizdə ^{90}Sr və ^{137}Cs-un miqdarı yüksək olur.

Radionuklidlərin daha çox miqdarı hidrobiontların, xüsusən də planktonların biokütləsində müəyyən edilmişdir. Radionuklidlərin sudan mənimsənilməsi suyun minerallıq dərəcəsindən asılıdır. Minerallığın artması ilə radionuklidlərin tutulma sürəti azalır. Radionuklidlərin ən böyük miqdarı şirin su hövzələrinin biokütləsində müəyyən olunmuşdur. Hidrobiontlar sudan radionuklidləri bilavasitə qida zənciri vasitəsilə qəbul edir. Radionuklidlərin daha intensiv udulması suyun üst təbəqəsində baş verir.

Ətraf mühitin əsas çirkləndiricilərindən biri sezium əsasən qruntda, stronsium isə suda, qruntda və biokütlədə bərabər şəkildə toplanır. Yeraltı sularda radionuklidlərin özünü aparması açıq su hövzələrinin suyunda və torpaqda miqrasiyasından kəskin fərqlənir.

Ətraf mühitin çirklənməsi zamanı əsas ekoloji məsələlərin həllində süni aqrobiosenozlar mühüm rol oynayır.

Atmosferin aşağı təbəqələrində (troposferdə) saxlanılan radioaktiv hissəciklər torpaq və bitki örtüyünə bir neçə saat, stratosfer mənşəli hissəciklər isə bir neçə on il ərzində çökür (stratosferdə olan miqdarın hər il təqribən 10%-i). Onlar atmosfer çöküntülərinin yuyulması ilə və ya qravitasiya qüvvəsinin təsiri ilə quru hissəciklər şəklində çökür. Çökmə yaz-yay aylarında maksimum (illik çöküntünün təqribən 60%-i), payız-qış aylarında isə minimum olur.

Yerin səthinə çökmüş radioaktiv hissəciklərin miqrasiyası bioloji zəncir üzrə baş verir. Əkin sahələrinə düşmüş radioaktiv maddələr bitkilərdə saxlanılır və torpağın səthinə çökür. Radioaktiv maddələrin ilkin saxlanılması bitki örtüyünün sıxlığından, bitkilərin morfologiyasından radioaktiv maddələrin ölçüsündən və aqreqat halından, metroloji şəraitdən və s. asılıdır. Vahid sahədə bitki kütləsinin ehtiyatı artdıqca radionuklidlərin saxlanılması dərəcəsi artır.

Torpağa düşmüş radioaktiv maddələr tədricən yuyularaq qrunt sularını çirkləndirir. Lakin torpaq maddələri möhkəm saxlayaraq onların uzun müddət torpaqda qalmasını və kənd təsərrüfatı məhsullarına keçməsinə səbəb olur.

Torpağın qranulometrik tərkibi radioaktiv maddələrin saxlanılmasına aşağıdakı kimi təsir edir:

- Yüngül torpaqlarla müqayisədə ağır torpaqlar udulmuş radionuklidləri daha möhkəm saxlayır.
- ^{90}Sr ilə müqayisədə ^{137}Cs radionuklidi torpaq tərəfindən daha çox dərəcədə udulur və saxlanılır.

MÜHAZİRƏ29. **RADİASİYANIN BİOLOJİ TƏSİRİ**

İonlaşdırıcı şüalanmanın bioloji təsiri müxtəlif şüalanma növlərinin canlı təbiətə təsirinə dair ümumi problemin tərkib hissəsini təşkil edir.

Məlum olduğu kimi, öz quruluşuna görə insan orqanizmini molekulyar (makromolekullar da daxil olmaqla), hüceyrə, toxuma və ayrı-ayrı orqanlar kimi dörd struktur səviyyəsinə ayırmaq olar. Müəyyən olunmuşdur ki, ionlaşdırıcı şüalanmanın təsiri ilə adı çəkilən hər bir səviyyədə bir çox dönər və dönməz proseslər baş verir.

Birinci struktur səviyyəsində orqanizmi təşkil edən molekulların həyəcanlanması, ionlaşması və dissosiasiyası baş verir. Bu proseslər, öz mahiyyəti etibarı ilə, radiasiyanın təsirinin ilkin təzahür formalarıdır və onlar növbəti (ikinci) proseslər üçün zəmin yaradır. Nəzərə alsaq ki, insan orqanizminin əsas 2/3 hissəsini su təşkil edir və biokimyəvi proseslərdə suyun radiolizi mühüm rola malik olur, onda molekulyar səviyyədə baş verən bu təsirin bir çox növbəti proseslər üçün başlanğıc ola biləcəyi heç bir şübhə doğurmur.

Hüceyrə səviyyəsində radiasiyanın təsiri onun birbaşa "zədələnməsi" ilə nəticələnə bilir. Bu halda əgər radiasiyanın təsiri hüceyrə səviyyəsində onun birbaşa "zədələnməsi" ilə nəticələnərsə, belə təsir bir neçə sonluğa gətirib çıxara bilər. Birincisi, hüceyrənin özündə bərpa prosesinin hesabına zədələnmə aradan qaldırılar və hüceyrənin funksiyaları tamamilə bərpa olunar. İkincisi, zədələnmə tam aradan qaldırılmasa da, hüceyrə həyat fəaliyyətli olar. Üçüncüsü, radiasiyanın təsiri hüceyrənin məhvinə səbəb olar.

Ayrı - ayrı orqan və toxumalar halında isə təsirin xarakteri xeyli fərqlənə bilir. Radiasiyanın təsiri bu halda hətta nisbətən çoxlu sayda hüceyrənin məhvinə səbəb olarsa, bu itki uyğun orqan və toxuma üçün əhəmiyyətli itki olmaya bilər və orqan həyat fəaliyyətli qalar. Digər halda isə belə təsir məhv olan hüceyrələrin sayının kifayət qədər çox olmasına və nəticədə toxuma və ya orqanların fizioloji funksiyasının itməsinə səbəb ola bilər. Qeyd edək ki, nisbətən kiçik dozalarda bu cür sonluğun olma ehtimalı sıfıra yaxın olur. Udulma dozasının kliniki hədd dozası

adlanan müəyyən bir limit qiymətindən böyük dozalarda isə bu ehtimal çox yüksək, yəni təxminən vahidə bərabər ola bilir. Hədd dozalarından yüksək dozalarda orqanizmin zədələnmə dərəcəsinin doza gücündən asılı olması və doza artdıqca, qeyri-xətti qanunla artması müəyyən edilmişdir.

Verilmiş orqanın funksiyasının itməsi ilə nəticələnən bu cür effektlər somatik effektlər adlanır. Radiasiyadan Mühafizə üzrə Beynəlxalq Komissiyanın bu terminin əvəzində *"determinasiya effektləri"* termininin işlənməsi məsləhət görülür. Əgər şüalanmanın təsiri hüceyrənin məhvinə səbəb olmayıb, onda hansısa dəyişiklik yaradırsa, belə olan halda bir müddətdən sonra (bu müddət "*latent dayanma dövrü* " adlanır) bədxassəli şiş əmələ gətirən çoxlu sayda zədələnmiş hüceyrələr yaranır. Çox yəqin ki, bu prosesə uyğun həddi qiyməti yoxdur və "determinasiya" effektlərinə uyğun hədd qiymətindən xeyli kiçik doza intervalında bədxassəli şişlərin yaranma ehtimalı təxminən dozaya mütənasib olur.

Genetik informasiyanı sonrakı nəsillərə ötürmək funksiyasını daşıyan hüceyrənin zədələnməsi halında isə müxtəlif ağırlıq dərəcəsinə malik radiasiya effektləri yaranır. Bu effektlər, adətən, şüalanmış şəxsin sonrakı nəsillərində özünü biruzə verir. Bu tip stoxastik effektlər *"genetik effektlər"* adlanır. Qeyd edək ki, genetik effektlər şüalanmaya məruz qalmış populyasiyanın bir neçə (ən azı iki) nəslində baş vermiş dəyişmələrin statistik təhlili əsasında aşkar edilə bilər.

Bu gün ionlaşdırıcı şüalanmanın canlı orqanizmlərə birbaşa və dolayı yolla təsirinə dair bir - birini tamamlayan mexanizmlər vermək mümkün olmuşdur.

Birbaşa təsir mexanizminin mahiyyəti ondan ibarətdir ki, radiasiyanın təsiri canlı hüceyrələrin atomlarının həyəcanlanmasını və ionlaşmasını yaradır. Qeyd edək ki, birbaşa təsir mexanizmləri şüalanmanın bir sıra fizioloji prosesləri dəyişdirə bilməsi faktını tam şəkildə izah edə bilmir. Bunun səbəbi canlı orqanizmin şüalanması zamanı bioloji toxumalarda mürəkkəb fiziki, kimyəvi və bioloji proseslərin baş verməsidir. Çox yəqin ki, radiasiyanın bioloji toxumalara təsiri birbaşa olmayıb, dolayı yolla baş verir. Belə ki, canlı toxumaların atomlarının ionlaşması və həyəcanlanması növbəti fizioloji dəyişmələr zəncirinin yalnız ilkin mərhələsidir.

Xüsusi tədqiqatlarla müəyyən edilmişdir ki, radiasiyanın təsiri ilə hüceyrələrin təbii bölünmə prosesi pozulur və onlar məhv ola bilir. Əgər şüalanmış hüceyrələr məhv olmurlarsa və həyat fəaliyyətli qalırlarsa, onda onlar bədxassəli hüceyrələrin əcdadlarına çevrilirlər.

Orqanizmin uzun müddətli şüalanmaya məruz qalması halında isə "şüa xəstəliyi" adlanan xəstəlik inkişaf edir.

Radiasiyanın bioloji təsirinə dair müasir təsəvvürləri ümumiləşdirərək, bu şüalanma növünün canlı orqanizmlərə bioloji təsir mexanizmini aşağıdakı sxem üzrə mərhələlərə bölmək olar:

1) Şüalanma enerjisinin orqanizmin hüceyrə və toxumaları tərəfindən udulması;
2) Sərbəst radikal və oksidləşdiricilərin (oksidantların) yaranması;
3) Biokimyəvi proseslərin pozulması;
4) Fizioloji proseslərin pozulması.

Radioaktiv şüalanma növünün insan orqanizminə təsirinin öyrənilməsi aşağıdakı xüsusiyyətləri aşkara çıxardı:

1. Radiasiyanın orqanizmə təsirini insan hiss etmir. Başqa sözlə desək, insanlarda şüalanmanı hiss edən hissiyyat orqanı yoxdur. Buna görə də insanlar heç bir təsir hiss etmədən radioaktiv maddəni uda bilər, onunla nəfəs ala bilər, əlində saxlaya bilər və s. Bu baxımdan, dozimetrik cihazlar insanların radioaktiv şüalanmanı, onun səviyyəsini "hiss etmək" üçün yaradılmış əlavə hiss orqanı funksiyasını həyata keçirir;

2. Udulan radioaktiv şüalanma enerjisi yüksək effektivliyə malikdir. Belə ki, hətta kiçik miqdarda udulan şüalanma enerjisi orqanizmdə böyük bioloji dəyişikliklər yarada bilər. Məsələn, *70 kq* kütləli adamın birdəfəlik *6 Qr* şüalanma enerjisi qəbul etməsi (qeyd edək ki, bu enerji dozası öldürücü dozadır) onun cəmisi *429 C* - a bərabər enerji qəbul etməsi deməkdir ki, bu da onun bir çay qaşığı qaynar su qəbul etməsi zamanı aldığı enerjiyə bərabərdir;

3. Radiasiyanın insan orqanizminə təsiri gizli inkubasiya perioduna malikdir. Şüa xəstəliyi üçün xarakterik olan dəri örtüyünün görünən zədələnməsi və

yaxud da orqanizmin ümumi halsızlığı ani deyil, yalnız müəyyən müddətdən sonra özünü biruzə verir. Böyük dozalarda şüalanma hallarında inkubasiya periodu azala bilir;

4. Kiçik dozalarda şüalanmanın təsiri cəmlənə (toplana) bilir. Dozanın cəmlənməsi gizli həyata keçir. Əgər insan orqanizminə sistematik olaraq radioaktiv maddə daxil olursa, onda zaman keçdikcə doza cəmlənir və son nəticədə şüa xəstəliyi üçün real zəmin yaranır.

5. Radioaktiv şüalanma təkcə şüalanma enerjisini udmuş orqanizmə deyil, həm də onun sonrakı nəsillərinə təsir edir (genetik effect)

6. Radioaktiv şüalanmaya canlı orqanizmin müxtəlif orqanlarının həssaslığı eyni olmur.

Radiasiya müxtəlif zədələnmələrə uyğun təsirləri yalnız müəyyən bir minimal şüalanma dozasından (hədd qiymətindən) böyük dozalarda yarada bilir.

Xərçəngin müalicəsi məqsədi ilə istifadə olunan şüa terapiyasının nəticələrinin təhlili bu sahədə müəyyən məlumatlar əldə etməyə, şüalanmaya insan toxumalarının reaksiyası haqqında konkret nəticələr almağa imkan verdi. Müəyyən olundu ki, müxtəlif orqan və toxumaların bu təsirə reaksiyası fərqli olur və bu fərq bəzi hallarda çox böyük olur.

Bu zaman orqanizmin zədələnmə dərəcəsini müəyyən edən dozanın qiyməti orqanizmin onu ani (bir dəfədən) və yaxud da bir neçə pillədən qəbul etməsindən asılı olur. Əksər orqanlar radiasiya zədələnmələrini bu və ya digər dərəcədə bərpa etməyə (sağaltmağa) imkan tapırlar və buna görə də bir dəfəyə qəbul olunmuş doza ilə müqayisədə fasiləli qəbul olunan kiçik dozalar seriyasına asanlıqla tab gətirirlər.

Şüalanma dozası kifayət qədər yüksək olan halda şüalanmaya məruz qalan insan sağ qalmır. *100 Qr* tərtibində olan böyük şüalanma dozası mərkəzi sinir sistemində elə ciddi zədələnmələr yaradır ki, nəticədə şüalanmış insan bir neçə saat (və ya bir neçə gün) ərzində məhv olur.

Bütöv orqanizmin *10-50 Qr* dozalı şüalanmaya məruz qalması halında mərkəzi sinir sistemində letal sonluğa gətirib çıxara bilən ciddi zədələnmələr baş vermir. Buna baxmayaraq, mədə-bağırsaq traktında baş verən qansızmalar

şüalanmış insanın bir neçə həftədən sonra məhv olmasına səbəb olur. Bu dozalardan kiçik dozalarda mədə- bağırsaq traktında ciddi zədələnmələr baş verməyə bilir. Ciddi zədələnmələr baş verən halda isə orqanizmin onunla "mübarizə" apara bilməsinə baxmayaraq, qanəmələgətirmə sisteminin əsas komponenti olan qırmızı sümük iliyi hüceyrələrinin dağılması nəticəsində şüalanmadan bir-iki ay sonra orqanizm məhv ola bilir. Müəyyən edilmişdir ki, *3-5 Qr* şüalanma nəticəsində bu hüceyrələrin təxminən yarısı məhv olur.

Beləliklə, qeyd olunan dozalar oblastında böyük dozalar kiçik dozalardan onunla fərqlənir ki, birinci halda ölüm ikinci hala nisbətən daha tez baş verir. Qanyaratma sisteminin digər elementləri də, qırmızı sümük iliyi kimi, şüalanmaya daha çox həssas olurlar və *0.5-1 Qr* şüalanma dozasında normal fəaliyyət göstərmək qabiliyyətini itirirlər.

Əgər radioaktiv şüalanma bütün hüceyrələrin şüalanmasına səbəb ola bilən çox da böyük dozaya malik deyilsə, başqa sözlə desək, əgər şüalanma dozası hüceyrələrin hamısını məhv etmək həddinə çatmırsa, belə olan halda regenerasiya qabiliyyətinə malik qanəmələgətirmə sistemi öz fəaliyyətini tamamilə bərpa edə bilir. Dediklərimizdən aydın olur ki, qırmızı sümük iliyi və qanəmələgətirmə sisteminin digər elementləri şüalanmaya daha çox həssas olurlar.

Göz və nəsiləmələgətirmə orqanları da şüalanmaya yüksək həssaslığı ilə fərqlənirlər. Gözün radiasiyanın təsirinə ən həssas olan hissəsi göz büllurudur. Şüalanmanın təsiri ilə ölmüş hüceyrələr qeyri-şəffaf olurlar ki, bu da, son nəticədə katarakta və daha sonra isə tam korluğa gətirib çıxarır. Şəffaflığın itməsi *2 Qr* və ondan kiçik dozalarda baş verir. Proqressiv katarakta *5 Qr* - ə yaxın dozalarda baş verir.

Orqanizmin ayrı-ayrı orqanlarının zədələnməsinə və sonradan isə onların məhvinə səbəb olan udulma dozası bütöv bədənin şüalanmasının məhvedici udulma dozasından böyük olur. İnsan bədəninin ayrı-ayrı orqanlarının məhvedici udulma dozası üçün aşağıdakı rəqəmlər alınmışdır: baş - beyin - *20 Qr,* qarının aşağı hissəsi - *30 Qr,* qarının yuxarı hissəsi - *50 Qr,* döş qəfəsi - *100 Qr,* ətraf sonluqlar - *200 Qr.*

7. Hər bir orqanizm bütövlükdə şüalanmanın təsirinə eyni formada reaksiya vermir. Şüalanmaya uşaqlar daha çox həssas olurlar. Çox da böyük olmayan doza şüalanmasına məruz qalan uşaqlarda qığırdaq toxumaları sümüyün inkişafını ləngidə və yaxud da tamamilə dayandıra bilir ki, bu da, skeletin anormal inkişafına səbəb ola bilir. Gündəlik şüalanma halında bir neçə həftə ərzində qəbul edilmiş yekun *10 Qr* doza kifayət edir ki, skeletin anormal inkişafı baş versin. Şüa terapiyası zamanı uşaq beyninin şüalanmaya məruz qalması onun xarakterində dəyişiklik yaratmaqla yanaşı, həm də onda yaddaşın itməsinə səbəb olur. Azyaşlı uşaqlarda isə bu, əqli zəifliyə gətirib çıxarır.

İnkişafda olan embrionun və ya rüşeymin radiasiyanın təsirinə daha yüksək həssaslıq göstərməsinə dair çoxlu sayda məlumatlar vardir. Mayalanmanın birinci və altıncı həftələri arasında, məlum olduğu kimi, embrionun orqonogenez müddəti başlayır. Bu müddət ərzində ayrı-ayrı orqanların inkişafı başlayır. Buna görə də şüalanma orqonogenez müddətində bir və ya bir neçə orqanın inkişafını poza bilir ki, bu da, uşağın anomaliyasına və yaxud da eybəcər uşağın formalaşmasına səbəb ola bilir.

Məlum olduğu kimi, yodun radioaktiv izotopları (yarımparçalanma periodu *8 sutka* olan ^{131}I, yarımparçalanma periodu *7 saat* olan ^{135}I və yarımparçalanma periodu *20 saat* olan ^{133}I izotopları) qalxanvari vəzidə yüksək həssaslıqla toplanır.

Təkcə ^{131}I izotopunun insan orqanizminə daxil olması qalxanvari vəzinin radioaktivliyini bütün digər toxumaların radioaktivliyi ilə müqayisədə *200* dəfəyə qədər artıra bilir. Bu isə südəmər uşaqlar üçün daha təhlükəli olur. Belə ki, onların qalxanvari vəziləri yaşlılarla müqayisədə kütləyə görə ~10 dəfə kiçik olur (qalxanvari vəzilərin kütlələri uşaqlar və yaşlılar üçün, uyğun olaraq, *2* və *20 q* təşkil edir). Buna görə də udulan havada və ya qəbul olunan süddə radioaktiv yodun eyni konsentrasiyası halında uşağın qalxanvari vəzisinin şüalanma dozası böyüklərlə müqayisədə bir tərtib yüksək olur.

8. Orqanizmin zədələnmə dərəcəsi şüalanan səthin ölçüsündən asılı olur.

9. Radiasiyanın bioloji təsiri şüalanmanın tezliyindən asılı olur və böyük dozalarda birdəfəlik şüalanma daha kəskin təsirlər yaradır.

10. Qeyd etmək lazımdır ki, ionlaşdırıcı şüalanmanın təsiri şüalanmanın vaxt rejimi, doza gücü, udulan dozanın bədəndə paylanması, şüalanmanın növü və s. kimi faktorlardan da əhəmiyyətli dərəcədə asılı olur. Artıq qeyd etdiyimiz kimi, stoxastik effektlər həddsiz effektlər hesab olunur və onların yaranma ehtimalı şüalanmış şəxsin topladığı yekun doza ilə mütənasib olur.

Belə şüalanma leykomiya və yaxud da ağciyər, süd vəzi, dəri xərçəngi, sarkoma kimi bədxassəli şişlər yarada bilir. Şüalanmanın mümkün uzaq təsirlərinə, həmçinin, göz büllurunun zədələnməsi, kataraktanın yaranması da daxildir.

11. Tibbi statistik müşahidələr göstərir ki, adi toksikantlarla çirklənmiş mühitdə şüalanmanın yaratdığı onkoloji xəstəliklər kəskin artır. Məsələn, radiasiyanın təsirinə məruz qalmış siqaret çəkənlər üzərində müşahidələr həmin qrupdan olan siqaret çəkməyənlərlə müqayisədə ölüm hallarının çox olduğunu göstərir.

MÜHAZİRƏ 30. RADİASİYANIN YARATDIĞI FƏSADLAR: İMMUN SİSTEMİNİN ZƏİFLƏMƏSİ, XƏRÇƏNG XƏSTƏLİYİ VƏ MUTASİYA

Canlı orqanizmin hər bir orqanı özünə xas olan funksiyanı həyata keçirir. Bu halda immun sisteminin funksiyası orqanizmə daxil olan bütün yad maddələri müəyyənləşdirmək və onları orqanizmdən kənarlaşdırmaqdır. Yad maddələrə misal olaraq, mikrobları, virusları, göbələkləri və hətta immun sisteminin özünün ətraf mühit faktorlarının təsiri ilə dəyişmiş və yad maddəyə çevrilmiş məxsusi hüceyrə və toxumalarını göstərmək olar.

Bir sözlə desək, immun sistemi orqanizmin immunitetini formalaşdırır ki, bu da, immun sisteminin yad maddələri orqanizmdən kənarlaşdırmaq qabiliyyətidir.

Təcrübələrin nəticələri orqanizmdən kənarda (sınaq şüşəsində) və canlı hüceyrələrin tərkibində olan bioloji makromolekulların radiasiyaya həssaslığının fərqli olduğunu göstərir. Orqanizmdən kənarda qeydə almaq belə mümkün olmayan 10^{-3} - 10^{-1} sayda DNT zədələnmələri xüsusi əhəmiyyət kəsb etmədiyi halda, bu makromolekulun həmin sayda zədələnmələri canlı hüceyrə daxilində böyük dağıntılara gətirib çıxarır. Bu fərqin hər şeydən əvvəl iki əsas səbəbi ola bilər. Birincisi, genləri əmələ gətirən DNT makromolekulları çox nadir quruluşa malik birləşmələr olaraq, hüceyrə nüvələrində bir, iki və ya bir neçə nüsxədə olurlar ki, bu da onların təkrarlanmasının məhdudlaşması deməkdir. İkincisi, canlı hüceyrədə və ümumilikdə bütöv orqanizmdə ilkin effekti dəfələrlə gücləndirən müxtəlif növ mexanizmlər mövcuddur. Belə güclənmə, məsələn, cinsi hüceyrədə yalnız bir genin dəyişməsinin (mutasiyasının) sonrakı mayalanma və dölün inkişafı proseslərində orqanizmin bütün hüceyrələrində makromolekulların struktur və fizioloji funksiyalarında kənaraçıxmalar formasında özünü göstərir.

Hal - hazırkı dövrdə şüalanma nəticəsində somatik hüceyrələrin məhvi prosesi daha geniş formada öyrənilmişdir. Radiasiya ilə kontakt nəticəsində hüceyrələrin məhvini iki əsas növə ayırırlar: birincisi - *reproduktiv,* yəni hüceyrə bölünən anda onun məhvi, ikincisi - *interfaza,* yəni ardıcıl bölünmələr arasında

hüceyrənin *"dincəlməsi"* zamanı onun məhvi. Hər iki halda hüceyrənin məhvinin əsas səbəbi xromosomun pozulması, daha dəqiq desək, DNT molekulunda qırılmaların əmələ gəlməsidir.

Məlum olduğu kimi, hər bir xromosom iki DNT "sapından" (spiralından) təşkil olunur. Radioaktiv şüalanmanın udulma dozasından asılı olaraq, bu cür qırılmalar bir ipdə və yaxud da hər iki ipdə baş verə bilər. Qeyd edək ki, bir ipdə baş verən tək qırılmalar asanlıqla bərpa olunurlar. Belə ki, bu məqsəd üçün hər bir hüceyrənin bərpaedici fermentlər toplusuna malik xüsusi reparasiya sistemi vardır. Əgər eyni zamanda hər iki ipdə qırılma baş verərsə, onda iplər ayrılır və reparasiya mümkün olmur. Son nəticədə isə hüceyrə məhv olur.

İntensiv şüalanma halında, demək olar ki, istənilən bölünən hüceyrə, ilk növbədə isə hər iki ipində qırılma baş verən DNT - yə malik hüceyrə məhv olur (bu formada məhvolma *"reproduktiv ölüm*" adlanır).

İnterfaza ölümü "dincələn" hüceyrələrin "yetişməsi" prosesi ilə əlaqəli olur və limfositlər daxil olan az sayda hüceyrə növlərinə aiddir. İnterfaza hüceyrələri çox tez, daha dəqiq desək, şüalanmadan sonra təxminən bir sutka ərzində məhv olurlar. Qeyd edək ki, bu prosesin başvermə mexanizmi sona qədər öyrənilməyib. Sadəcə olaraq, fərz edilir ki, *"interfaza ölümü"* təbii, genetik proqramlaşdırılmış hüceyrə məhvinin sürətlənməsidir. Hesab olunur ki, radiasiyanın təsiri ilə əvvəlcə DNT makromolekulu parçalanır, bundan sonra isə hüceyrə membranlarında onların bütövlüyünün bərpaolunmaz pozulmaları başlayır.

Qeyd edək ki, hüceyrənin bu formada məhvi təkcə radiasiya şüalanmasının təsiri ilə deyil, həm də *UB* - şüaların təsiri ilə yaranır.

Baxdığımız hər iki növ hüceyrə məhvinə səbəb ali orqanizmlərin radiasiya ilə zədələnməsidir. Bu prosesdə limfositlərin məhv olması digər immun sistemi elementlərinin də növbə ilə (iki mərhələdə) dağılmasına səbəb olur. İmmun sistemi orqanlarının ilkin dağılması hüceyrələrin interfaza ölümü, sonrakı dağılması isə onların reproduktiv ölümü nəticəsində yaranır. Bu zaman reproduktiv ölümə intensiv yeniləşən bütün toxumalar məhkum olurlar. Onların sırasına qanəmələgətirmə, immun, generativ toxumalar, bağırsaqların selikli qişa

toxumaları və s. daxildir. Məhz onların zədələnməsi şüa xəstəliyi adlanan patoloji prosesin əsas hissəsini təşkil edir.

Süa xəstəliyi. Şüalanmanın sonradan yarada biləcəyi mümkün təsirlər, yəni onun uzaq təsirləri üzərində ətraflı dayanaq. Əvvəlcə somatik (determinasiya) effektlərin uzaq təsirlərinə baxaq. Radioaktiv şüalanmanın udulma dozasından və şüalanmış şəxsin fərdi xüsusiyyətlərindən asılı olaraq bu təsirin nəticələri şüalanmadan sonra bir neçə dəqiqədən *30 - 60 sutka* - ya qədər keçən müddət ərzində özünü göstərə bilir. Kifayət qədər ağır zədələnmələr şüalanmanın nisbətən yüksək dozalarında (0.5 *Qr* - dən yüksək) və yüksək doza gücündə *(bir neçə Qr/saat* - dan böyük) mümkündür.

Radiasiya zədələnməsinin (şüa xəstəliyinin) ilkin simptomlarına yorğunluq, iş qabiliyyətinin və iştahanın itməsi, ürəkbulanması, qusma kimi prodromal reaksiyaları misal göstərmək olar. Şüalanma dozası yüksək olduqca, adı çəkilən əlamətlər daha böyük ehtimalla və daha kəskin şəkildə özünü göstərir. Kliniki zəif təzahür olunan prodromal reaksiyalar böyük ehtimalla *0.1 Qr* - dən yüksək dozalarda özünü göstərir. Bu halda *1.5-2 Qr* dozalarda şüa xəstəliyinin yüngül forması mümkündür ki, bu da, şüalanmanın ilk günlərində şüalanmaya məruz qalmış insanların *30 - 50 %* -ində prodromal reaksiyalarla (qusma da daxil olmaqla) müşayiət olunur. Bu zaman tükün tökülməsi və dərinin zədələnməsi kimi hallar da yolveriləndir.

Radiasiya zədələnməsinin dərəcəsindən asılı olaraq, qan dövranı sisteminin şüalanmadan keçən *10 gün* ərzində özünü biruzə verən limfopeniya, trombopeniya və s. kimi zədələnmələri baş verə bilir. Bu proses, adətən, letal sonluqla müşahidə olunur.

Nisbətən yüksək *2.5 - 4.0 Qr* dozalarda orta ağırlıq dərəcəli şüa xəstəliyi inkişaf edir. Bu zaman prodromal reaksiyalar şüalanmaya məruz qalan insanların, demək olar ki, hamısının qanında leykositlərin miqdarının kəskin azalması və dərialtı qansızmaları ilə müşayiət olunur. Bir neçə həftədən sonra şüalananların ~ *20 %* -

ində letal sonluq müşahidə olunur ki, bu da, əsasən sümük iliyi hüceyrələrinin dağılması hesabına baş verir.

4.0-6.0 Qr dozalarda şüa xəstəliyinin ağır forması baş verir. Bu zaman ilk ay ərzində *50 %* - ə qədər xəstə həyatla vidalaşır. *6.0 Qr* - dən böyük dozalarda şüa xəstəliyi çox ağır formada özünü göstərir. Belə ki, şüalanmaya məruz qalanların, demək olar ki, hamısı qansızması və ya infeksion xəstəliklər nəticəsində məhv olur. *10-50 Qr* dozalarda letal sonluq *1-2 həftə* ərzində, əsasən mədə - bağırsaq traktında qansızmaların hesabına, *100 Qr* - ə qədər dozalarda isə bir neçə saat ərzində sinir sisteminin güclü zədələnməsi hesabına baş verir.

Şüa xəstəliyinin kəskin formasını yaradan dozalardan kifayət qədər kiçik dozalarda şüalanmaya məruz qalma stoxastik effektlər törədə bilir. Məlum olduğu kimi, bu effektlərin aylar, bəzən də illərlə davam edən gizli inkişaf periodu mövcuddur və yalnız bu müddətdən sonra radiasiyanın təsirləri özünü biruzə verməyə başlayır.

Qeyd edək ki, şüa xəstəliyi - orqanizmdən kənarda olan və yaxud da orqanizmə hər hansı yolla daxil olmuş radionuklidlərin yaratdığı şüalanmanın nəticəsində yaranan xəstəlikdir.

Dediklərimizi ümumiləşdirərək, şüa xəstəliyini ağırlıq dərəcəsinə görə yüngül *(1.0 - 2.5 Qr),* orta *(2.5 - 4 Qr)* və ağır (4 - *6 Qr)* kimi üç qrupa bölmək olar. Daha yüksək dozalarda xəstəliyin ən ağır forması inkişaf edir ki, bu da orqanizmin ölümü ilə nəticələnir.

Şüa xəstəliyinin inkişafında onun təzahürünün ümumiləşmiş dörd mərhələsi müşahidə olunur. İlkin yüngül mərhələdə tibbi müayinənin qanın tərkibində dəyişikliyin olduğunu göstərməsinə baxmayaraq, xəstəlik hansısa klinik əlamətlərə malik olmur və xəstə heç nədən şikayət etmir. Sonradan isə xəstədən ümumi halsızlıq, zəiflik, yorğunluq, iştahın və yuxunun pozulması, dərinin quruması və qabıq verməsi və s. haqqında şikayətlər eşidilir.

Şüa xəstəliyinin ikinci (orta) mərhələsində birinci mərhələnin bütün simptomları daha aydın şəkildə özünü göstərməyə başlayır. Bu halda xəstələr tez-tez baş ağrılarından, yaddaşın zəifləməsindən, ürək nahiyəsində ağrılardan, cinsi

hissiyyatın zəifləməsindən, yuxusuzluqdan şikayət edirlər. Dərialtı qansızmaları, damağın qanaması da bu mərhələ üçün xarakterikdir. Qeyd edək ki, belə olan halda radiasiyanın təsir dairəsindən kənarlaşmaqla və ciddi müalicə qəbul etməklə bu vəziyyətdən çıxmaq mümkün olur.

Əgər radiasiya ilə təmas davam edirsə, onda xəstəlik üçüncü mərhələyə - ağır mərhələyə qədəm qoyur. Bu mərhələ hər şeydən əvvəl xəstəliyin dönməz əlamətləri ilə xarakterizə olunur. Xəstələrdə kəskin zəiflik, apatiya (süstlük), ətrafdakılar laqeydlik, baş gicəllənməsi ilə müşayiət olunan kəskin baş ağrıları, ürək bulanması, qusma, yaddaşın kəskin zəifləməsi, yuxunun pozulması, qanın tərkibinin əhəmiyyətli dərəcədə dəyişməsi və s. müşahidə olunur. Bəzi hallarda beyinə və daxili orqanlara kiçik qansızmaları kimi lokal zədələnmə əlamətləri də qeydə alınır. Xəstələr yataq rejiminə keçirlər və onların tam sağalması mümkün olmur.

Şüa xəstəliyinin dördüncü mərhələsi onun həddən artıq ağır formalı mərhələsidir. Bu mərhələdə çoxlu sayda qansızmalar və onların yerlərində yaralar yaranır. Orqanizmin infeksiyaya qarşı müqaviməti, praktiki olaraq, yox olur və əksər xəstələr sağ qalmırlar.

Xərçəng. Xərçəng - kiçik dozalı şüalanmanın yarada biləcəyi uzaq nəticələrin ən ciddisidir. Həqiqətən də, 1945 - ci il Xerosima və Naqasaki bombardmanlarını, həmçinin də 1986 - cı il Çernobıl faciəsini yaşamış insanlar üzərində aparılan tədqiqatlar göstərdi ki, bu qəbildən olan insanlarda yüksək ölüm dərəcəsinin yeganə səbəbi xərçəng olmuşdur.

ARTEK və bu sahədə tədqiqatlar aparan digər təşkilatlar radioaktiv təsirin qiymətləndirilməsində iki faktı əsas götürmüşlər. Birinci fakt ondan ibarət olmuşdur ki, xərçənglə xəstələnmə riski yaratmayan ən kiçik doza sərhəddi mövcud deyildir. İstənilən kifayət qədər kiçik şüalanma dozası bu dozanı qəbul etmiş insanın xərçəngə yoluxma ehtimalını yaradır və istənilən əlavə doza qəbulu bu ehtimalı daha da artırır.

İkinci fakta görə isə xərçənglə xəstələnmə riski və xəstələnmə ehtimalı şüalanma dozasının qiyməti ilə düz mütənasiblik təşkil edir. Başqa sözlə desək, *2* qat doza qəbulu bu riski *2* dəfə, *3* qat doza qəbulu bu riski *3* dəfə və s. artırır.

Tədqiqatçılar müxtəlif bombardmanlardan sonra sağ qalmış insanlar üzərində aparılan müayinələr əsasında 1 *Qr* ekvivalent doza qəbulu zamanı xərçənglə xəstələnmə ehtimalının təqribi qiymətini müəyyənləşdirə bilmişlər. Tədqiqatçılara həmçinin məlumdur ki, şüalanma olmayan halda radiasiya təhlükəsi sıfra bərabərdir. Qeyd edək ki, tədqiqatçılar bu gün orta dozalar haqqında müfəssəl məlumatlara malik deyillər. Orta dozalar haqqında məlumatları yalnız böyük doza risqini kiçik dozaya ekstrapolyasiya etmək yolu ilə əldə etmək olur.

Bu günə qədər əldə olunan məlumatlar göstərir ki, şüalanma nəticəsində yaranan xərçəng xəstəlikləri arasında birinci yerdə leykozlar durur ki, bunlar da şüalanma anından *~10 il* sonra insanların ölümünə səbəb olur. Şəkildən göründüyü kimi, bu müddət, digər xərçəng xəstəlikləri ilə müqayisədə, çox kiçikdir. ARTEK - in hesablamalarına əsasən udulan hər *Qrey* şüalanma dozası orta hesabla hər *1000* nəfərdən ikisinin leykozdan ölümünə səbəb olur.

Müəyyən edilmişdir ki, Xerosima və Naqasaki faciəsini yaşamış insanlarn arasında leykozlardan ölənlərin sayı 1970 - ci ildən sonra kəskin azalmışdır.

Radiasiyanın yaratdığı xərçəngin ən geniş yayılmış növü süd vəzilərinin və qalxanvari vəzilərin xərçəngidir. ARTEK - in hesablamaları *İQrey* fərdi udulma dozası hesabı ilə şüalanmaya məruz qalmış hər *1000* nəfərdən təxminən onunda qalxanvari vəzin xərçənginin, hər *1000* nəfər qadından onunda isə süd vəzilərinin xərçənginin olmasını göstərir.

Xərçəngin adı çəkilən formalarının geniş yayılmasına baxmayaraq, onlar, prinsipcə, müalicə oluna bilən formalardır. Bu səbəbdən də qalxanvari vəzidən ölüm halı çox aşağıdır. Belə ki, hər *Qrey* şüalanma üçün qalxanvari vəzin xərçəngindən ölüm halı hər *1000* nəfərdən 1, süd vəzilərinin xərçəngindən ölüm halı isə hər *1000* nəfərdən *5* nəfər təşkil edir.

Bunun əksinə olaraq, ağ ciyər xərçəngindən ölüm halı çox yüksəkdir. Qeyd edək ki, xərçəngin bu növü də şüalanmaya məruz qalmış insanlar arasında çox geniş yayılmışdır.

Qeyd edək ki, uşaqlar, yaşlılarla müqayisədə, şüalanmaya daha həssas olurlar. Şüalanma zamanı ana bətnində inkişaf edən dölün xərçəngə tutulma ehtimalı isə bundan da yüksək olur.

Bu gün daha bir neçə mürəkkəb məsələnin öyrənilməsinə böyük ehtiyac vardır. Onlardan birinin üzərində dayanaq. Radioaktiv şüalanmanın bəzi hallarda xərçənglə xəstələnmə tezliyini artıra bilən müxtəlif kimyəvi və bioloji maddələrə təsir göstərə bilməsi faktları məlumdur. Aydındır ki, bu məsələ xüsusilə böyük əhəmiyyət kəsb edən məsələdir. Belə ki, radiasiya bizi hər yerdə müşayiət edir və müasir həyatımızda biz radiasiya ilə qarşılıqlı təsirdə olan çoxlu sayda maddələrdən istifadə edirik. ARTEK bir çox maddələrin radiasiya ilə qarşılıqlı təsirinə dair çoxlu sayda təhlillər aparmış və kifayət qədər tutarlı nəticələr əldə edə bilmişdir. Əksər maddələr üçün mübahisə doğuran məqamlar olmasına baxmayaraq, bir halda, daha dəqiq desək, tütün tüstüsü misalında çox inandırıcı nəticələr əldə etmək mümkün olmuşdur. Müəyyən edilmişdir ki, uran filizi çıxaran şaxtaçılar arasında siqaret çəkənlər, çəkməyənlərlə müqayisədə, daha çox xərçəngə yoluxa bilirlər.

Şüalanmanın genetik nəticələri

İndi də radiasiyanın genetik effektləri üzərində dayanaq. Qeyd edək ki, radiasiyanın insan opqanizminə genetik təsirinin öyrənilməsi iki əsas səbəbə görə böyük çətinliklərə malikdir. Bu, bir tərəfdən, onunla əlaqədardır ki, bu problemin həlli uzun müddətli müşahidələr tələb edir. Belə ki, insanlarda nəsil dəyişməsi *25 - 30 il* - dən sonra baş verir və genetik dəyişmələrin nəticələri *4 - 5* nəsildən sonra özünü biruzə verə bilir. İkincisi, yeni doğulan uşaqlarda həm irsi keçən, həm də yeni əmələ gələn defektlər yüksək dəyişkənliyə malik olurlar ki, bu da, radiasiyanın təsiri ilə əmələ gələn defektləri digər defektlərdən ayırmağa imkan vermir.

Genetik pozulmaları əsasən iki növə ayırırlar. Bunlardan biri xromosomların sayında və quruluşunda baş verən dəyişmələri özündə birləşdirən *xromosom dəyişmələri - xromosom aberrasiyaları,* digəri isə genlərin özündə baş verən dəyişmələr - *mutasiyalardır.* İrsiyyət daşıyıcıları olan genlərin özündə baş verən mutasiyalar *gen mutasiyaları* adlanır.

Dediklərimizdən aydın olur ki, xromosom aberrasiyalarının kəmiyyət və keyfiyyət (miqdar və struktur) dəyişmələri ilə müşayiət olunan növləri vardır. Miqdari aberrasiyalar radiasiyanın təsiri ilə xromosomların normal sayının dəyişməsi nəticəsində baş verir. Struktur aberrasiyaları isə radiasiyanın təsiri ilə xromosomların özlərinin strukturunun dəyişməsi hesabına baş verən aberrasiyadır.

Xromosom aberrasiyalarına daha çox peşə fəaliyyəti ilə əlaqədar şüalanma hallarında və insanların yüksək təbii radiasiya fonu şəraitində yaşamaları, fəaliyyət göstərmələri hallarında rast gəlinir. Birinci halda bu qəbildən olan insanlara atom sənayesi obyektlərində çalışanları, ikinci halda isə yüksək dağlıq ərazilərdə və uran yataqlarının yaxınlığında məskunlaşmış əhalini, təyyarə ekipajını və s. göstərmək olar. Xromosom aberrasiyaları, həmçinin də atom sənayesi obyektlərində baş vermiş qəzaların yaratdığı çirklənmiş ərazilərdə (məsələn, Çernobıl AES - də baş verən qəzanın yaratdığı ərazilər kimi) yaşayan insanlar üçün də xarakterikdir.

Gen mutasiyaları da, öz növbəsində, dominant və resessiv mutasiyalara bölünürlər. Yaxın nəsildə özünü göstərən gen mutasiyaları dominant, sonrakı nəsillərdə özünü göstərən gen mutasiyaları isə resessiv mutasiyalar adlanır. Sonuncu mutasiya fərdin ata və anadan eyni cür mutasiyaya uğramış genləri alan hallarda baş verir ki, bu da, ən böyük ehtimalla, qohum valideynlər misalında baş verir. Bu hallarda resessiv mutasiyalar heç nədə özünü göstərmədən nəsildən-nəsilə verilə bilir və bu halda mutasiya olunmuş genlər həmin populyasiyada eyni mutasiya genlərini daşıyanlar nəsil verənə qədər saxlanıla bilir.

Həm xromosom, həm də gen mutasiyaların sonrakı nəsillərdə irsi xəstəliyə gətirib çıxara bilməsinin ehtimalı, adətən, böyük olur.

Maraqlıdır ki, hər iki mutasiya sonrakı nəsillərdə özünü biruzə verməyə də bilər. Məsələn, yapon alimlərinin aldığı nəticələrə əsasən Xerosima və Naqasaki

şəhərlərinin bombalanması nəticəsində yüksək şüalanma dozası qəbul etmiş *20 min* valideynin uşaqlarında yalnız iki ən ehtimallı mutasiya aşkar edilmişdir. Valideynləri nisbətən kiçik şüalanma dozası qəbul etmiş təxminən eyni sayda uşaqların isə heç birində bu hallar müşahidə olunmamışdır.