

УДК 577.391:577.4:504.53:539.16

«ДЕГЕЛЕҢ» СЫНАҚ АЛАҢЫНДАҒЫ ТОПЫРАҚ-ӨСІМДІК ЖАМЫЛҒЫСЫНЫҢ СИПАТТАМАСЫ

¹Магашева Р.Ю., ²Султанова Б.М., ¹Паницкий А.В.

**¹ҚР ҰҰО Радиациялық қауіпсіздік және экология институты,
Курчатов, Қазақстан**

²ҚР БҒМ Ботаника және фитоинтродукция институты, Алматы, Қазақстан

Аталған мақалада, Семей полигонында жерасты ядролық сынақтар өткізілген кезеңде радиациялық ластануға және едәуір күйреуге ұшыраған Дегелең төментаулы массивінің топырақ-өсімдік жамылғысындағы қазіргі ахуалдың сипаттамасы берілген. «Топырақ-өсімдік» экожүйесінің түрлі құрауыштарындағы арабайланысының ерекшелігі анықталды және осының негізінде топырақ-өсімдік кешенінің сұлбалық картасы құрылды. Жеке бір құрауыштардың техногенді бұзылу дәрежесі анықталды және олардың қалпына келуін бақылаудағы алғашқы деректері берілді. Қалпына келу процесін анықтайтын негізгі факторлар анықталды және болжамдық әзірлемелер жасалды.

Кілт сөздер: Семей сынақ полигоны (ССП), "Дегелең" алаңы, ядролық сынақтар, топырақ-өсімдік экожүйелері.

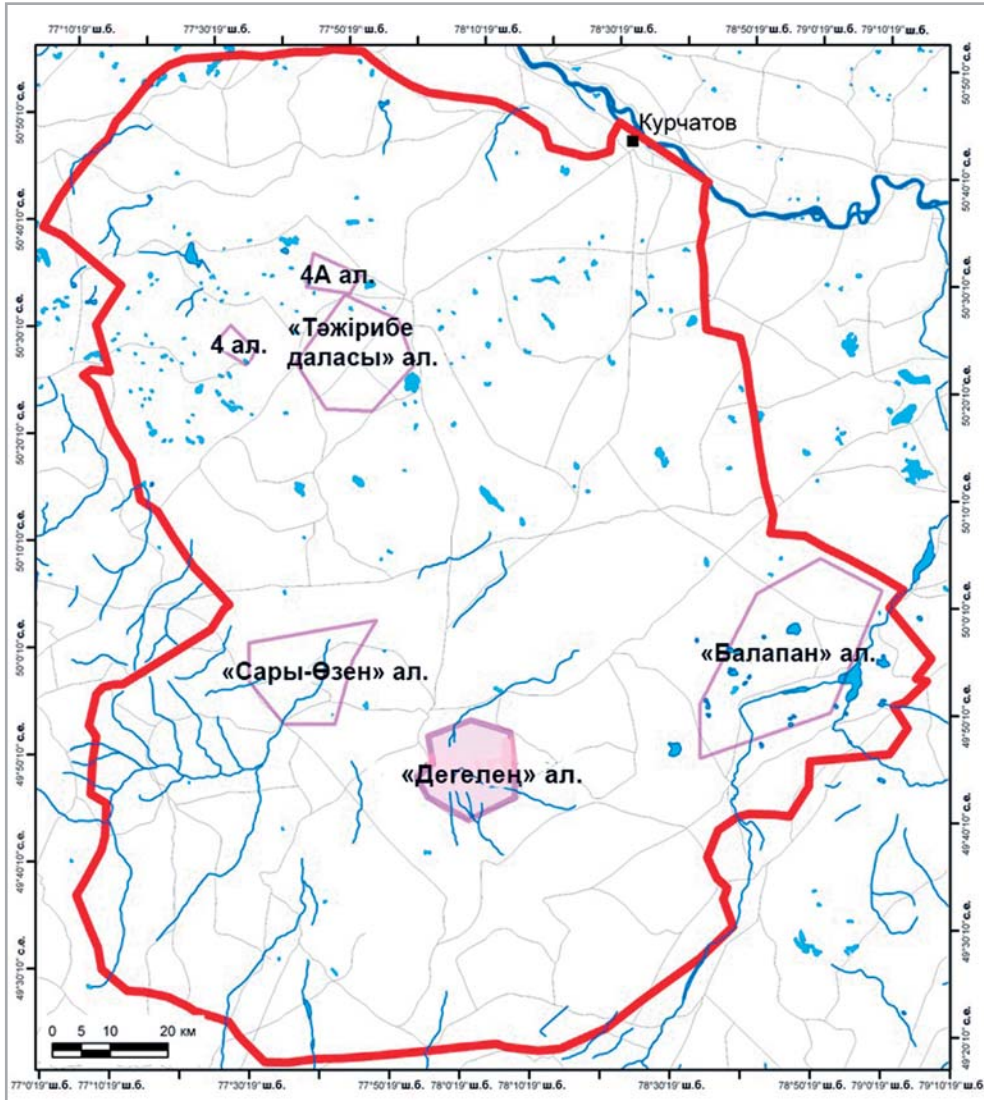
КІРІСПЕ

«Дегелең» сынақ алаңы Шығыс-Қазақстан облысының шектерінде бұрынғы Семей полигонының оңтүстік-батыс бөлігінде орналасқан. Аумақ ауданы шамамен 220 км² болатын төментаулы массив ретінде берілген (1-сурет), ол Қазақ ұсақ шоқыларының бір бөлігі болып табылады.

Дегелең төментаулы массивінің аумағын топырақтану-мамандары мен ботаниктер бұрын зерттеген жоқ. Бұл тек Семей полигоны жабылған соң ғана мүмкін болды. Бұл ауданның топырақ-өсімдік жамылғысын зерттеу 90-шы жылдары басталды, ол үшін кілтті телімдер мен топырақ кесінділері жасалды, бейіндер құрылды, топырақ және өсімдік жамылғыларына суреттеме беру жүргізілді. Бұл зерттеулердің арнайы сипаты болды, өйткені стандартты зерттеу әдістерімен бірге экожүйенің барлық құрауыштары ядролық сынақтар кезінде жинақталуы мүмкін радионуклидтер құрамына тексерілді. Басқа аймақтарда радиоактивті ластану жағдайларында табиғат ортасын зерттеу саласындағы жұмыс тәжірибесі пайдаланылды [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12].

Дегелең таулы массиві аумағындағы радиациялық ахуал 1961-1989 жж. арасындағы жүргізілген 209 жерасты ядролық сынақтардың нәтижесінде қалыптасты және қазіргі уақытқа дейін оның тұрақты қалыптасуы аяқталған жоқ [12]. Табиғат ортасы құрауыштарының аса көп ластануы сынақ штольняларына іргелес жатқан аумақтардың телімдеріне орайластырылған, бұл олардан жарылыс өнімдерінің топырақ суларымен бірге жалғаса беретін шығаруымен байланысты. Осыған байланысты, топырақтардың

әртүрлі типтері мен өсімдіктердің түрлік құрамының қалыптасу ерекшеліктері мен таралуын анықтау, сондай-ақ ландшафттағы олардың өзара байланысын білу өте қажет.



1-сурет. ССП аумағындағы «Дегелең» алаңының орналасу схемасы

Бірақ ядролық сынақтар мен оған дайындық жұмыстары зерттеліп жатқан аумақтың топырақтық-өсімдік жамылғысының көп мөлшердегі антропогенді бұзылуына әкелді. Топырақ пен өсімдіктің техногенді бұзылуын, сондай-ақ қоршаған ортаның радиоактивті ластануы жағдайларында экожүйені қалпына келтіру процесін зерттеу дәрежесі тек ғылыми қызығушылық қана тудырмайды, сол сияқты практикалық мәні

де бар. Алынған деректер экологиялық апаттар, оның ішінде радиациялық жағдайында оңалту шараларын әзірлеу үшін пайдаланылуы мүмкін.

1. ТАБИҒАТ ЖАҒДАЙЛАРЫ

Климаты. Аудан климатына ауа температурасының материктік режимі тән болып табылады, ол үлкен қарама-қарсылықтығымен, үлкен тәуліктік және жылдық амплитудасымен сипатталады. Температуралық режим, негізінен, радиациялық (күн радиациясы) факторлармен, сондай-ақ атмосфера ауа массаларының ауаның суық және жылы массаларының түсуінің күрделі кезектесуінде және олардың әртүрлі маусымдық барикалық жағдайларында көрінетін циркуляциясының әсерімен анықталады [13].

Орташа жылдық температура оң (+4,0°C), бұл радиациялық баланстың үлкен мөлшерлері туралы айтады. Ауаның орташа айлық температуралары термикалық режимнің негізгі сипаттамаларының бірі болып табылады. Ең суық кезең ауасының орташаайлық температурасы – 13,6°C (желтоқсан – –11,6°C; қаңтар – –14,3°C; ақпан – –15,0°C), ең жылы кезеңнің орташаайлық температурасы +20,6°C (маусым – +20,5°C; шілде – +21,8°C; тамыз – +19,6°C) құрайды. Ауа температурасының жылдық амплитудасы 36,8°C тең, бұл суық қыс пен ыстық қуаң жазды болжайды.

Қатты аяздар болатын қысқы кезеңнің аз ғана ұзақтығы кезінде топырақ 1,2-1,5 м тереңге дейін қатады. Қатып қалған қабаттың еруі әдетте сәуірдің екінші жартысында жүреді.

Аумақ жауын-шашынның тапшылығымен сипатталады. Жауын-шашынның жылдық жиынтығы 200-250 мм құрайды [14].

Еуразияның барикалық-циркуляциялық ерекшеліктері арктикалық ауаның кедей ылғалдылығы мен континенталдылықтың қалыпты ендіктері ауасының басым түсуіне себепші болады. Жергілікті климаттың құрғақ болуы Орталық Азия мен Қазақстанның оңтүстігіндегі шөлдердің есебінен орнығады. Жылы жартыжылдықтың жауын-шашындары жоғары температуралармен байланысады, бұл олардың ылғалдану факторларының мәнін төмендетеді. Жергілікті континенталды жағдайлар жауын-шашындар түсуінің тұрақсыз сипатын анықтайды. Жылдан жылға олардың мөлшерінің көп құбылуы байқалады.

Алғашқы қар әдетте қазан айының соңында жауа бастайды, ал қарашаның екінші он күндігінде қар жамылғысы толық жабады. Аса мол қар қаңтардың екінші он күндігінен бастап ақпанның ортасына дейін түседі. Қар еру наурыздың үшінші он күндігінде басталып, әдетте сәуірдің бірінші он күндігінде аяқталады.

Желдің режимі көбінесе материктік сипатта. Қыста оңтүстік-шығыс (33 %) және оңтүстік (20 %) жел басым, бірақ желдің режиміне осы аймаққа қатты суықты әкелетін сібір антициклоны әсер етеді. Жылдың жылы мерзімінде желдердің бағыты жиі өзгереді.

Сонымен, суық, қары аз қыс пен ыстық құрғақ жаз тұрақты желдердің аясында күрт континенталды климат үшін жағдай жасайды.

Рельефі. «Дегелен» алаңы диаметрі шамамен 18 км болатын изометриялық формадағы төментаулы массив ретінде берілген.

Зерттеліп жатқан аумақтың рельефінің басым типі күмбез тәріздес төмпешіктері көп биіктігі 300-500 м төмен ұсақ шоқылар, сондай-ақ 1000 м асатын биіктіктері

бар арал тәріздес және жалдары бар құзды таулар. Жалды рельеф қатпарлы негіздердің тегістелуі мен құрылымдарының ежелгі беттерінің реликтілерімен тіркеседі. Олардың ішінен екі негізгі жота субендік бағытқа бағытталған және солтүстік-батыста бөгет арқылы қосылған. Оңтүстік жотаның максималды абсолюттік белгісі 1070,2 м, солтүстігі – 1084,9 м.

Жербеткі сулары. Дегелең төментаулы массивінің өзендер желісі радиалды. Негізгі бұлақтары – Ұзынбұлақ, Қарабұлақ, Байтілес, Тоқтакүшік. Массив әртүрлі бағыттарда ағыны бар салыстырмалы кең емес алқаптармен көлденең кесілген. Су жинаудың аса ірі ауданы оңтүстік-шығыс бағытта ағатын Ұзынбұлақ бұлағының алқабында. Дегелең төментаулы массивінің ортасында сондай-ақ бастау алатын солтүстік бағыттағы ағыны бар Қарабұлақ бұлағы мен ағыны оңтүстікке бағытталған Байтілес және Тоқтакүшік бұлақтары болып табылады [15]. Осы бұлақтарды Орталық Қазақстанның кіші өзендеріне жатқызуға болады, өйткені оларға маусымдық сипат – тек көктемде ғана немесе көп мөлшердегі жаңбыр кезінде ғана тұрақты ағынның болуы тән. Жазда мұндай бұлақтардың арналары, негізінен, құрғақ кіші көлдері бар, кейде кейбір телімдерде судың ағысы байқалады.

Геологиясы мен тектоникасы. Семей полигоны аумағының геологиялық құрылысы оның екі ірі әртүрлі жастағы геолого-тектоникалық құрылымдардың шектеріндегі орнымен анықталады. Аумақтың оңтүстік-батыс бөлігі каледон жасындағы Шыңғыс-Тарбағатай геотектоногеніне, ал солтүстік-шығыс бөлігі – герциндік Жарма-Сауыр геотектоногенге орайластырылған. Екі геотектоноген солтүстік-батыс бағытта созылған сызықтық-ұзарған бірнеше жүздеген шақырымдарға дейін жатқан геолого-тектоникалық құрылымдар ретінде берілген. Осы бағытта беткі жағынан аса анық көрінетін омырулар, сондай-ақ алға қарай созылған қатпарлы құрылымдар байқалады [16].

Дегелең төментаулы массиві Шыңғыс-Тарбағатай геотектоноген шектерінде Шыңғыс-Тарбағатай мегантиклинориясының солтүстік-шығыс баурайына орайластырылған. Құрылымның өзектік бөлігі докембрийдің метаморфикалық жыныстарымен қаланған. Кембрий және ордовиктік жүйенің тұнбалық-жанартаулық кесінділері, сондай-ақ дамудың орогенді сатысы силурасының пайда болуы аса толық ұсынылған. Мегантиклинорияның келесі геологиялық дамуы субплатформалық жағдайларда тектоно-магматикалық белсенділікпен байланысады және девонмен беріледі.

Дегелеңнің жанартаулық-плутоникалық құрылымы жоғарғы карбон-пермде қалыптасты. Вулканиттер андезиттермен және базальттармен – төменгі бөлігінде қышқыл лавалармен – киманың жоғарғы бөлігінде ұсынылған. Етектерінің жыныстары ортаға қарай (15-35°) еңістелген. Құрылымның шеттері бойынша гранит-порфириттер мен сиенит-порфириттердің сақиналы дайқалар байқалады, ал құрылымның орталық бөлігінде граниттер массиві енгізілді. Нәтижесінде кальдерлік типті жанартаулық-плутоникалық сақиналы құрылым қалыптасты.

Гранитті массив қалыптасуының соңғы сатысында жоғары температуралы гидротермалды процесс көрінді. Массивтің апиакалды бөлігінде вольфрамды кенделген грейзендер байқалады. Граниттердің гидротермалды өзгерістері (кварцталу, пиритизация) штольнялармен ашылған.

Жалпы алғанда Дегелең тауының бөлінуі радиалды. Тау сілемдерінің тізбектері жартылай дөңгелене орналасқан, ал жалдары мен алқаптары тегістелген формада. Таулардың баурайында жербеткі және топырақ сулары қайтадан жерасты суларының

аймақтық бассейніне түсетін табиғи сүзгі болып табылатын делювиалды-пролювиалды шлейф қалыптасады. Бұлақтардың ірі алқаптарының қауырсынтәріздес құрылымы бар. Тік жалдары мен үңгірлері көптеген жағдайларда жылжитын сипаттағы кесінді бұзылуларға байланысты.

Ұзаққа созылған ірі омырулар Дегелең таулы массивін солтүстік-батыс, солтүстік-шығыс және субендік бағыттарда кесіп өтеді. Дегелең тауының солтүстік бөлігінде ұзақтығы шамамен 9 км болатын солтүстік-шығыс бағыттағы, жартылай дөңгелене орналасқан екі омырудан тұратын омырулық құрылым бөлек байқалады. Аса ірі омыру Ұзынбұлақ бұлағы алқабының өзектік бөлігі бойымен өтеді. Оның ұзындығы 10 км-ден аса құрайды. Оңтүстікке қарай сопақша жағымен оңтүстікке қараған бірнеше доғал тәрізді созылған омырулар байқалады [17].

Гидрогеологиялық жағдайлары. Дегелең таулы массиві Ертіс өзені сол жағалауының аймақтық гидрогеологиялық жүйесіне кіреді. Рельефте басты қалыпта бола тұрып, ол жерасты суларының атмосфералық жауын-шашын есебінен толатын табиғи құрылғы болып табылады. 215 мм-лік орташа жылдық мөлшер кезінде әр шаршы километрден 4000 л/мин дейін су жиналуы мүмкін [18].

Дегелең таулы жүйесінде сулардың келесі типтері бөлінеді: қазіргі делювиалды-пролювиалды шөгінділердің сызатты сулары; аллювиалды-пролювиалды шөгінділердің сызатты сулары; палеозой шөгінділерінің сызатты сулары.

Делювиалды-пролювиалды шөгінділердің сызатты сулары шоқы баурайының етегінде, тау массивін қоршаған тау бөктері жазықтарында таралған. Топырақ суларының бірыңғай жүйесін құра отыра, олар бұлақ алқаптарында аллювиалды-пролювиалды шөгінділердің сызатты суларымен қиылысады. Тау жыныстарының сызатты сулары сондай-ақ топырақ суларымен тығыз байланысады, өйткені аэрация аймағы арқылы қоректендіреді. Көп мөлшердегі жауын-шашын мен қар еру кезеңінде судың бір бөлігі төментаулы массивтің шегінен тыс тасымалданады да топырақ сулары мен сызатты сулар бассейнін толтырады. Сызатты сулардың бір бөлігі штольнялардан ағып, сондай-ақ топырақ суларында қалып қояды, ал екінші бөлігі сызаттар бойынша дереу қайтадан ағып келеді.

Топырақ суларының жату тереңдігі таулы массивтің әртүрлі телімдерінде әртүрлі. Тау аралық телімдерде жерасты сулары 2-6 м дейінгі тереңдікте жатыр. Тау жүйесінің шектерінен тыс деңгей 10-12 м дейін төмендейді, ал сумен бөлінетін бөліктерде сызатты сулардың деңгейі 100-200 м және одан көп тереңдікте жатыр [19].

2. «ДЕГЕЛЕҢ»АЛАҢЫНЫҢ ТОПЫРАҚ-ӨСІМДІК ЖАМЫЛҒЫСЫ

Топырақ-өсімдік жамылғысының суреттемесі.

Топырақ-өсімдік жамылғысының сипаттамасы Дегелең төментаулы массивінде соңғы 20 жылда жүргізілген далалық және зертханалық жұмыстардың негізінде орындалды. Осы аймақтың ботаник мамандары мен топырақтанушылардың зерттеулері тек Семей полигоны жабылған соң ғана мүмкін болды. Бірақ алғашқы зерттеулер, бірінші кезекте, өсімдік жамылғысы жағдайының сұрақтарына, оның бұзылу дәрежесі мен қалпына келтіру процестеріне арналды. Олар келісімшарт тақырыптары, ХҒТО,

INTAS гранттары бойынша жұмыстар, сондай-ақ DSWA мен DTRA келісімшарттары бойынша орындалған.

Өсімдік жамылғысын зерттеу бойынша жұмыстар әрқашан топырақтарды зерттеу, олардың жіктелуі мен қасиеттерін анықтаумен байланысты болды. Бұл көрсеткіштер әсіресе «Семей сынақ полигонының өсімдігі мен радиоэкологиясының қалыптасуы» Гранты бойынша жіті зерттелді. Осы жобаның шеңберінде тікелей зерттеліп жатқан аумақта 1998-2000 жылдары топырақтардың әртүрлі типтерінде өсетін түрлі өсімдіктерде (біржарнақтылар мен қосжарнақтылар) техногенді радионуклидтердің жинақталуы бойынша жұмыстар жүргізілген болатын.

2003-2004 жылдарда РҚЭИ қызметкерлері Дегелең массивінің негізгі бұлақтары арналарының жазықтарында зерттеу алаңдарын жасады. Жергілікті жер мен өсімдіктерді суреттеумен бір уақытта таңдап алынған алаңдарда топырақ кесінділері жасалды, генетикалық көкжиектер бойынша топырақ пен доминантты өсімдіктердің (жерүсті, жерасты бөліктері) сынақтары негізгі техногенді радионуклидтердің құрамын анықтау үшін іріктеп алынды. Бұл топырақ үлгілерінде бір уақытта топырақтардың физика-химиялық қасиеттері анықталды.

Таңдап алынған алаңдардың топырақ-өсімдік жамылғысы мен кесінділердегі топырақ бейіндерін суреттеу жалпы қабылданған әдістемеге сәйкес орындалды [20]. Үлгілердің сынақтары генетикалық көкжиектер бойынша келесі талдама түрлеріне іріктеп алынды: гумустың құрамы, су ерітіндісінің рН, химиялық және механикалық құрамы, қозғалмалы калий, сіңірілген негіздемелердің жиынтығы. Топырақ кесінділері борпылдақ тұнбалармен (күзды жыныстардың желдену қыртысымен) берілген топырақтүзгіш жыныстарға дейін жасалған. Арнаасты суларының деңгейіне жеткен жағдайда кесінділерден су сынағасы іріктеп алынды. Топырақтардың физика-химиялық қасиеттері топырақтанудың жалпы қабылданған әдістерімен: топырақтағы гумустың құрамы – Тюрин әдісімен [21], қышқылдық – потенциометриялық әдіспен [22], ауыспалы кальций мен магний құрамы – ІН катионын NaCl ерітіндісімен ығыстыруға негізделген әдіспен [23], механикалық талдау – Качинский әдісімен [24] анықталды.

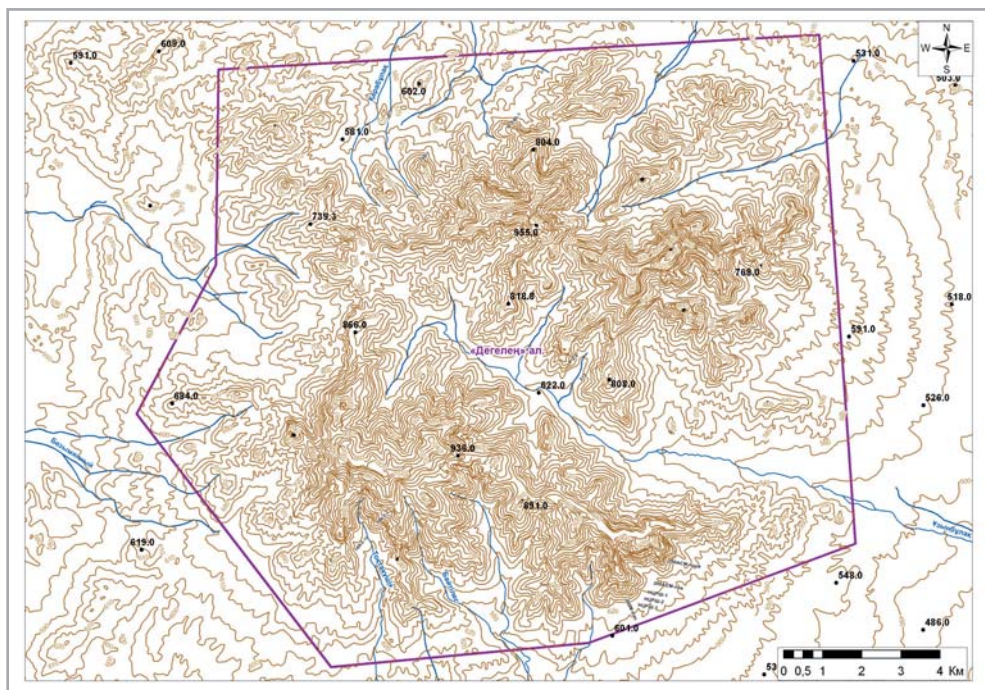
Өсімдік жамылғысы геоботаникалық зерттеулер [25, 26] мен өсімдікті қарталандыру [27, 28, 29] дәстүрлі әдістерін пайдалана отыра зерттелді.

Дегелең төментаулы массивінің топырақ жамылғысын зерттеу кезінде штольнялардағы супайдаболу есебінен жақсы ылғалданған, бұлақтар алқаптарының жоғарғы жағында орналасқан жайылымдық топырағына басты назар аударылды, өйткені бұл топырақтар аса радиоактивті ластануға ұшыраған болатын. Аса жіті зерттеулер Байтілес және Ұзынбұлақ бұлақтары алқаптарында орындалды (2-сурет) [20].

Байтілес бұлағы алқабында 44 кесінді, Ұзынбұлақ бұлағы оң жақ ағынының алқабында – 14 кесінді жасалды. Алынған деректер негізінде бұлақтар алқаптарында жайылымдық қатардың физика-химиялық қасиеттеріне жан-жақты сипаттама берілді, техногенді радионуклидтердің жинақталу облысы мен дәрежесі, олардың арна бойынша таралу ерекшеліктері анықталды.

Дегелең төментаулы массивінің аумағы топырақ-географиялық жағынан ақшыл-сарғыш-қызғылт топырақтардың аймақтық кіші типі бар шөлейтті жусанды-селеулі-бетегелі далалардың кіші аймағында орналасқан [14]. Аймақтық топырақтың қалыптасуы ылғалдың күрт жетіспеушілігі жағдайларында жүреді, бұл оңтүстік экпозицияның көлденең кесілген рельефінің сопақша бетінде ерекше байқалады. Ыл-

ғалданудың негізгі көзі атмосфералық жауын-шашындар болып табылады. Баурайлық ағынның есебінен, сондай-ақ Дегелең таулы массивіндегі бұлақтардың жербеткі суларының есебінен қосымша ылғалдану олардың ылғалдану режимінің әр түрлілігін құрады және жартылайгидроморфты және гидроморфты типті топырақтың қалыптасуы. Сонымен, топырақ жамылғысының, сол сияқты өсімдік жамылғысының біртектілігі рельефпен және сол сияқты топырақ түзгіш жыныстардың ылғалдануымен және құрамымен анықталады.



2-сурет. Дегелең төментаулы массивіндегі бұлақтардың орналасу схемасы

Дегелең массиві аумағында аса көп таралған топырақ ақшыл-қызғылт аз дамыған, борпылдақ шөгінділердің 40 см дейінгі қуаты бар, ақшыл жыныстарында ұсақ тасты болып табылады. Олар тегістелген ұсақшоқылы рельеф жағдайларында пайда болады, мұнда көбінесе шоқылардың құздары мен жалдары немесе құзды қатарлы тау баурайлары кездеседі. Топырақ түзгіш жыныстар ретінде жергілікті жыныстардың аз қуатты (30 см дейін) ұсақ тасты элювий немесе тығыз жыныстармен немесе жиі борпылдақпен төселген элювиалды-делювиалды ұсақ тасты сазды-құмдылар (35-40 см дейін) беріледі. Топырақ бейіні аз қуатты, ақшыл-қызғылт, кесек-кесек, ұсақ тасты, жеңіл құм-сазды немесе құмдақ. Ол тығыз жыныстың немесе оның борпылдағының жақын жатуымен шектеледі, сондықтан тек бір «А» көкжиегі ғана бөлініп көрінеді. Карбонаттар тек төментаулы массивтің шеттерінде таралған топырақтарда ұсақ тастардың төменгі беттеріндегі қабыршықтар мен шандар түрінде гумустық көкжиектің төменгі бөлігінде байқалады.

Аз дамыған топырақтармен қатар ұсақ дақтарды жасайтын аса қуатты топырақтар да бар. Олар толық емес дамыған деп аталады және аз дамығандардан қалыптыға өтетін болып табылады. Олар, әдеттегідей, шоқылар мен тау сілемдері баурайларының төменгі бөліктерінде дамиды. Борпылдақ шөгінділердің қуаты 60 см-ден аспайды. Аз дамыған және толық дамымаған топырақтардың қуаты борпылдақ шөгінділердің қуатына байланысты. Көкжиектегі гумус құрамы 3,0-4,0% жетуі мүмкін. Бұл топырақтар көп таралмаған.

Ақшыл-қызғылт қалыпты топырақтар алқаптың төменгі бөліктерінде, Дегелең төментаулы массивті қоршаған шоқылардың сыртқы баурайларында жиі кездеседі. Олардың тұрақты қалыптасқан бейіні бар, оған гумустық көкжиектің кішігірім қуаты (А+В 35 см аспайды) және қатпарлы қабаты мен кесек-кесек тұрақсыз емес құрылымымен қоңырқай-сұрға анық бөлінген «А» көкжиегі мен «В» қоңырқай-сұр-бурылтығыз көкжиегі тән. Тереңге қарай топырақтүзгіш жынысқа ауысатын тығыз карбонатты-иллювиалды көкжиек бөлінеді. HCl-дан қайнау гумустық көкжиектің шектерінде байқалады. Телімді жайылым ретінде пайдалану жоқ жағдайда жоғарғы көкжиектердегі гумустың құрамы 3,0 – 3,5% жетеді.

600-700 м-дан жоғары абсолюттік белгілерде биіктік тік аймақтық байқалады – топырақтар аса ашық қоңыр түсті, олардың құрылымы анық көрінеді. Оларды таулы-ақшыл қызғылт деп атайды. Олардағы гумустың құрамы 4-5% дейін ұлғаяды. Олардың таралу алаңы үлкен емес, негізінен, олар тізбекті және күз-жартасты таулардың етектері мен жоғарғы бөліктерінде аздаған дақтармен, жиі кішіжерлердің сынықтарында бұзындылар мен сызаттар бойында кездеседі.

Шөлейт дала табиғаты кіші аймағының өсімдік жамылғысы – бұл сирек бұталары бар қатты кесілген жусанды-селеулі-бетегелі қоғамдастықтар. Ақшыл-қызғылт топырақтарда аса кең тарағандары бетеге (*Festuca valesiaca*), тырса селеу (*Stipa capillata*), шығыс селеуі (*Stipa kirghisorum*), суық жусан (*Artemisia frigida*), аласа қараған (*Caragana pumila*), тобылғы шайқурайжапырақты (*Spiraea hypericifolia*) және басқалары болып табылады.

Бұрын жүргізілген зерттеулермен [18] 58 тұқымдастарға жататын 392 тамырлы түрі анықталды. Флораның байлық деңгейі бойынша Дегелең таулы массиві таулы Оңтүстік Солтүстік және Орта Азияның флорасына жақын келеді. Дегелең таулы массиві таулы өсімдік жамылғысының ценотикалық құрамы көптеген әртүрлілігімен ерекшеленеді. Таулы массивтің өсімдік жамылғысы құрылымының айырықша ерекшелігі болып табылатыны өсімдіктің биіктік белдеулік ауысуы [19]. Дегелең массивінің граниттік төмен таулары, биік және төмен ұсақ шоқылары петрофиттік өсімдіктердің қалыптасуы үшін экологиялық жағдайлардың әр түрлілігін құрады.

Тауалды жазықтары мен төментаулардың шлейфтері үшін аз дамыған және толық емес дамыған топырақтардағы қарағанды-суық жусанды-бетегелі-тырсықты (селеу-тыр  *Stipa capillata*, бетеге – *Festuca valesiaca*, суық жусан – *Artemisia frigida*, аласа қараған – *Caragana pumila*) қауымдастықтар тән. Тау баурайларының ірі құмды телімдерінде (қос жарнақты зизиф  *Ziziphora clinopodioides*, жебіршөп тим  – *Thymus serpyllum*, бөдене шөп – *Veronica incana*, бетеге – *Festuca valesiaca*) басым қауымдастықтар өседі. Солтүстік және солтүстік-шығыс экспозиция баурайларының аз дамыған және толық емес дамыған топырақтарында аралас шөпті-қияқты-дәнділер (шөл дала сұлыбасы – *Helictotrichon desertorum*, қырғыз селеуі – *Stipa kirghisorum*,

бетеге – *Festuca valesiaca*, қияқ – *Carex pediformis*, сарғалдақ тұқымдас – *Thalictrum foetidum*, қоян орамжапырақ – *Bupleurum aureum*, тік тұрған хамер – *Chamaerhodos erecta*, сарғалдақ тәріздес ашылған – *Pulsatilla patens*) қауымдастықтар қалыптасады. Оңтүстік баурайларға дәнді-аралас шөптілер (жасыл құлпынай – *Fragaria viridis*, тікенекжапырақты қалампыр – *Dianthus acicularis*, бөдене шөп – *Veronica spuria*, жалпақ жапырақты жусан – *Artemisia latifolia*, тас жусан – *A. rupestris*, бетеге – *Festuca valesiaca*, селеу тырға – *Stipa capillata*, еркекшөп – *Agropyron cristatum*) бұталылардың қатысуымен (спирея трехлопаст – *Spiraea trilobata*, спирея зверобое – *S. hypericifolia*, аласа қараған – *Caragana pumila*, қысқа жапырақты ұшқат – *Lonicera microphylla*) қауымдастықтар тән. Гранитті тастарда петрофитті-аралас шөпті-бұталылар (үш қалақшалы тобылғы – *Spiraea trilobata*, тікенек итмұрын – *Rosa spinosissima*, аз гүлді қызылдық – *Cotoneaster oliganthus*, қысқа жапырақты ұшқат – *Lonicera microphylla*, қазтабан, Курил шайы – *Pentaphylloides parvifolia*, тікенекті тау масақ – *Orostachys spinosa*, қоян орамжапырағы гибриді – *Sedum hybridum*, қарапайым оно – *Onosma simplicissima*, қарапайым васил – *Thalictrum simplex*) ценоздары таралған. Тасты құздарда әдетте адасқан қына – *Parmelia vagans*, қыналар – *P. cetrata*, *Diploschistes scrapsus*, тікенекті тау масақ – *Orostachys spinosa*, жер сүттіген – *Euphorbia humilis*, орташа қыналар – *Patrinia intermedia*, қарапайым оно – *Onosma simplicissima*, бұталы қалампыр – *Silene suffrutescens*, қызғылт түрлі саршатыр – *Hieracium echinoides* басым петрофитті-аралас шөпті-қыналылар топтары таралған.

Дегелең төментаулы массивінің матрац тәріздес граниттерінде тобылғы (*Spiraea trilobata*), тікенекті итмұрын (*Rosa spinosissima*), аз гүлді қызылдық (*Cotoneaster oliganthus*), кара жемісті ырғай (*C. melanocarpus*), қысқа жапырақты ұшқат (*Lonicera microphylla*), қазтабан – (*Pentaphylloides parvifolia*) қатысқан бұталы ценоздар кездеседі, кейде құрамында сібір бөрікарақат – *Berberis sibirica*, тас қарақат – *Ribes saxatile*, сібір аршасы – *Juniperus sibirica* кездеседі. Қазындылардың тасты шөгінділерінде әдетте қаршасының қалың бұталары – *Juniperus sabina* кездеседі.

Орман типтес өсімдік үзінділері аса қолайлы жағдайларда кездеседі – кішігірім көктерек-қарағайлы (қайың – *Betula pendula*, көктерек – *Populus tremula*) шоқ тоғай теректің қатысуымен – *Populus canescens*, жасылжемісті долана – *Crataegus chlorocarpa*, тікенек итмұрын – *Rosa spinosissima*, қарапайым мойыл – *Padus avium*, татар ұшқаты – *Lonicera tatarica*, қара қарақат – *Ribes nigrum*, қожақат – *Rubus caesius* және бай дәнді-аралас шөптілермен (дудні – *Angelica sylvestris*, дәріханадық қызғылт гүл – *Sanguisorba officinalis*, сары сарғалдақ – *Thalictrum flavum*, ойр – *Galium boreale*, талшықты ошаған – *Agrimonia pilosa*, жер айрауық – *Calamagrostis epigeios*, дала көдешөп – *Poa angustifolia*, трансильван жаужапырақ – *Melica transsilvanica*) гранитті төментаулардың көлеңкелі үңгірлерінің баурайлары мен бұлақтар алқаптарында қалыптасатын шөп қабатымен кездеседі. Мысалы, әлсіз бұзылған жоғары гранитті қапталдарда Дегелеңде жалғыз кездесетін орман қарағайының – *Pinus sylvestris* өсетін орны анықталды. Ағаш қабатын қарағай – *Pinus sylvestris* мен қайың – *Betula pendula* құрайды. Гранитті плиталардың көлеңкелі үңгірлерінде костенец тұқымдастардан папоротниктер – *Asplenium* мен ву – *Woodsia* кездеседі және қайың-көктерек алқаптарында бұталар кездеседі.

Жайылымдық-ақшыл-қызғылт топырақтар жербеткі сулардың, біріншіден баурай ағындары суларының есебінен қосымша ылғалдану алатын жартылай гидроморф-

ты қатарға жатады. Әдеттегідей, олар жылдың жаз-күз кезеңдері ағымында топырақ сулары есебінен қорек алмайды. Мұндай топырақтар зерттеліп жатқан аумақта шоқылардың, тау тізбектерінің төменгі бөліктерінде, сондай-ақ жоғары алқаптарда немесе бұлақ алқаптарының жағалауларында таралған. Аймақтық топырақтарға қарағанда аса қолайлы жағдайларда дами отыра, олар гумустық көкжиектің үлкен қуатымен (40 см дейін), ондағы органикалық заттектердің аса жоғары құрамымен 5 % дейін), яғни оның аса қою түсімен ерекшеленеді. Бұл топырақтарда тұздану мен сортаңдану белгілері жиі көрінеді, өйткені бұл процестерге олардың тұрып қалу жағдайлары себепкер болады. Жайылымдық-ақшыл қызғылт топырақтар жайылымдық-далалық өсімдіктерге икемделіп қалыптасады. Жусанды-селеулі-бетегелі шөлейттелген даланың таралған өсімдіктерімен қатар – селеулі (*Stipa capillata*), бетеге (*Festuca valesiaca*), жусан (*Artemisia frigida* – аласа қараған (*Caragana pumila*), тобылғы (*Spiraea hypericifolia*) – кейде шөлейтті-далалық аралас шөптілер мен жекелеген жайылымдық өсімдіктер – қияқ (*Bromus inermis*), сынғыш масақтық

(*Psathyrostachys juncea*), аласа мия (*Glycyrrhiza uralensis*) – бұталылардың көп мөлшерінің бар екендігі жиі байқалады.

Гидроморфты топырақтарға жайылымдық топырақтардың барлық топырақтары жатады, өйткені олардың қалыптасуында белсенді қатысатындар жербеткі және топырақ сулары. Дегелең төментаулы массивтегі жайылымдық қарапайым топырақтар негізінен кіші бұлақтардың алқаптарында, топырақ суларының 1-3 м деңгейдегі тереңдігі кезінде төмен және жоғары жайылмаларды ала отыра таралған. Олар жатқан алаң үлкен емес, бірақ зерттеулердің ерекшеліктеріне байланысты олар жіті зерттелген. Жайылымдық топырақтардың топырақ түзгіш жыныстары ретінде түрлі литологиялық құрамы мен генезисі бар борпылдақ шөгінділер беріледі. Жайылымдық топырақтардың құрамының әр түрлі болуы ылғалдану режимімен, топырақ сулары минералдану дәрежесімен, топырақ түзгіш жыныстарының ерекшеліктерімен анықталады. Сондықтан олар артық ылғалданған, сол сияқты кепкеннен бастап шөлейттелгенге дейінгі жеткіліксіз ылғалданған жайылымдық топырақтар болуы мүмкін. Бұлақтардың жоғарғы бөліктерінде, әсіресе штольнялардан су тұнған жерлерінде, әдетте артық ылғалданған жайылымдық топырақтар қалыптасады. Жазда жербеткі сулар бармайтын төменгі жерлерде топырақ суларының деңгейі 3 м төмен түседі, жайылымдық топырақтар ылғалдың жетіспеушілігіне ұшырайды, кебеді және шөлейттеледі.

Штольнядан аққан сулармен ылғалданған жайылымдық қарапайым топырақтар жиі артық ылғалданған болады, әдетте олар аз қуатты, арнадағы топырақ қабатының қуаты 40-60 см аспайды, жағалау аймағында 20-40 см аспайды. Олар жеткілікті жақсы гумустелген, әсіресе арнаның ортасы бойынша. Шыммен берілген жербеткі топырақ көкжиектерінде (0-7, 0-10 см) жалпы гумустың құрамы 3,2-ден 23,7% дейін, орташа мәндер кезінде 8-15% шектерінде құбылады. Максималды мөлшерлер ағынсулар арнасының жағалауларына қарай орайластырылған, мұнда топырақтардың аса көп ылғалдануы байқалады. Жер бетінен екінші көкжиекте органикалық заттектің мәндері күрт төмендейді және сирек 10% асады. Топырақ түзгіш жыныстардың деңгейінде бұл көлем 1% шектерінде тұр.

Шайылғыш су режимі жағдайларында топырақтарда карбонатты тұздары (CO_2 карбонаттары) мен жеңіл ерігіш тұздар жиынтығы, негізінен, 0,1% жетпейді. Бірақ топырақ суларының айналары жақын жатқан кезде, бұл кейде ағынсулардың жағалау-

ларында байқалады, жербеткі көкжиекте тұздардың жиналуы мүмкін, бұл оларды әлсіз сортаң топырақтар түріне жатқызуға мүмкіндік береді. Топырақтың су суспензияларының РН сирек бейтарап, жиі әлсіз сілтілі немесе сілтілі. Топырақ-сіңіргіш кешенде Са катионы басым. Оның мәні орташақұмды топырақтардың жоғарғы көкжиектерінде 100 г топырақтың 50 мг-экв жетеді. Кейде орын алатын топырақтың аса жеңіл механикалық құрамы жағдайында ауыспалы Са құрамы 100 г топырақтың 25-28 экв дейін азаяды. Ауыспалы Mg құрамы Са мәнінен шамамен 10% құрайды, бірақ тереңдеген сайын Са құрамы күрт азаяды, ал Mg мөлшері аз дәрежеде өзгереді, бұл ауыспалы катиондардың басқа арақатынасына әкеледі.

Сонымен, Дегелең төментаулы массивінің бұлақ алқаптарының арнайы ылғалдану режимімен қалыптасқан жоғарғы жайылымдық топырақтардың 50-60 см дейінгі қуатты, бұлақтардың жоғарғы сағасында 19-20% дейін органикалық заттектің жоғарғы құрамы бар гумустық көкжиегі бар. Бірақ топырақтардың негізгі физика-химиялық көрсеткіштері бұлақтардың жоғарғы сағасынан басталып төменгі сағасына қарай, шоқылардың етегінен басталып арнаның өзекті бөлігіне қарай, төментаулы массивтің ортасынан шеткі бөліктеріне қарай өзгереді. Мысалы, әр бұлақ алқабында соңғы ағыс саласында гумустың құрамы 4-4,5% дейін азаяды, топырақтардағы CO_2 құрамы 12-14% дейін ұлғаяды (жоғарғы сағада карбонаттар болған жоқ) және сілтілігі 6,5 мәндері кезінде ағыстың немесе негізгі арналардың басталар жерінде 8,5 дейін ұлғаяды. Сонымен бірге сіңірілген негіздемелердің сомасының 30-дан 15% дейін төмендеуі, топырақ бейінінде сынғыш материалдың құрамының 5% дейін төмендеуі жүреді, ол кезде алқаптың жоғарғы жақтарында бұл мөлшер 70% жетеді. Бұл өзгерістермен бірге топырақтардың тұздануы да өседі, тауалды сызықта жеңіл еритін тұздардың жиынтық мөлшері 0,7% дейін жетеді және одан асады.

Негізгі көрсеткіштердің өзгеру себебі – елді мекеннің еңісінің азаюы, және, тиісінше, аумақтың табиғи сусіңгіштігінің азаюы, сондай-ақ ылғалдану, бұл бейіндегі ұсақдисперсті бөлшектер санының ұлғаюына, жербеткі көкжиектерде жеңілерітін тұздардың жинақталуына, жұқа гумустың құрамының ұлғаюына әкеледі.

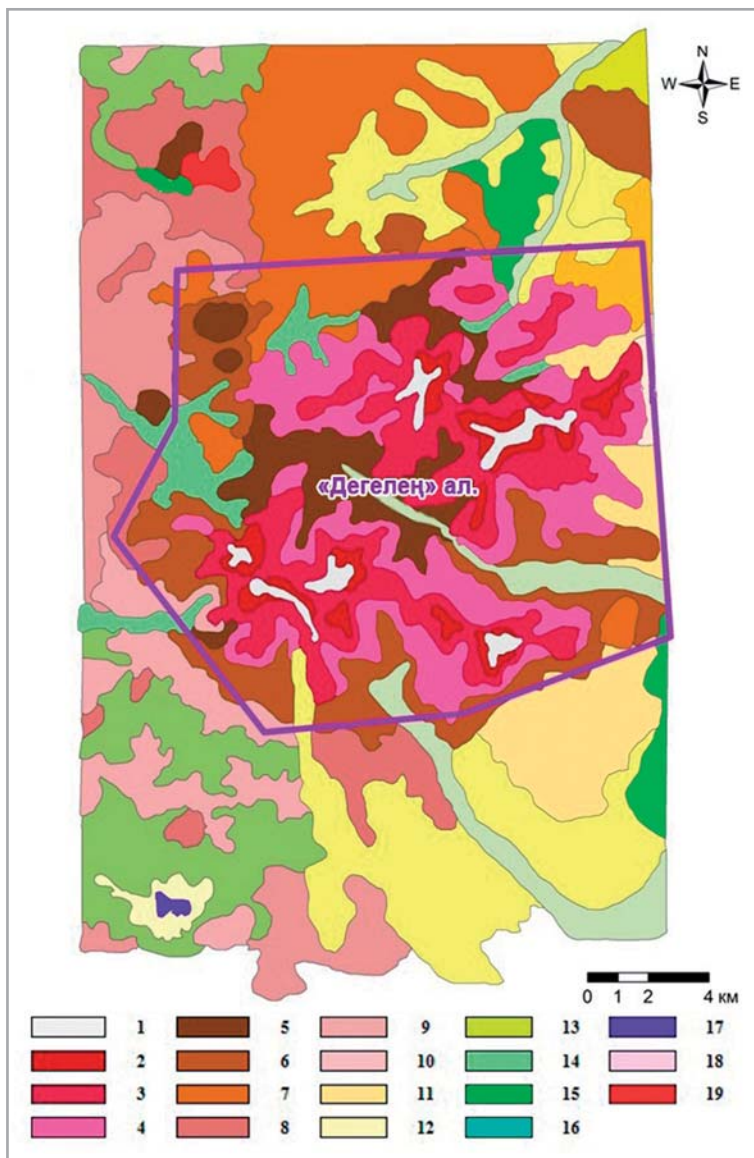
Топырақтың жайылымдық қатарында жайылымдардың брнеше түрі тараған. Қарапайым құрақ – *Phragmites communis*, жіңішке жапырақты қоға – *Typha angustifolia*, Лаксман қоғасы – *T.laxmanni*, теңбасты түйнекқамыс – *Bolboschoenus planiculmis*, омбы қияғы – *Carex omskiana* басым келетін батпақты жайылымдар бұлақ жанындағы жайылымдар, артық ылғалды қиыршық тасты топырақтары бар жайылымдарда су тұнған шотльнялардың порталалды алаңдарының маңайында пайда болған техногенді су қоймалары үшін тән. Жер айрауығынан – *Calamagrostis epigeios*, аласа бидайық – *Elytrigia repens*, қылқансыз сабақ – *Bromopsis inermis*, дәрі шелна – *Glycyrrhiza uralensis* полидоминантты нағыз жайылымдар барлық бұлақтардың жайылма алқаптарында жайылымдық құмды-сазды топырақтарда үзінділер ретінде кездеседі. Шөгінділерде және құмды-майда тасты құрғақ арналарда аласа қараған – *Caragana pumila* шырмалған сабақты бұталар – *Atraphaxis frutescens*, бұталы шырмауықтар – *Convolvulus fruticosus* ценоздары тараған. Күл-сұр көктерекпен – *Salix cinerea*, сабақ түрдегі – *S.viminalis*, гүлшетен жапырақты – *S.rosmarinifolia*, үш аталықты – *S.triandra*, қалана өскен көктерек ағаштары бұлақтардың жайылымдық алқаптарында, бұлақтар мен су қоймаларының маңында өседі.

Бұлақтардың төменгі жақтары үшін тән жербеткі және топырақ сулары ағыстарының қозғалысының баяулайтын жағдайларда жайылымдық қарапайым қиыршық тасты топырақтар арасында далалық болған жайылымдар ретінде берілген кепкен және шөлденген нұсқалар жіңішке қияқ – *Leymus angustus*, жіңішке жапырақты көдешөп – *Poa angustifolia*, қылтансыз сабақ – *Bromopsis inermis*, орақ тәріздес жоңышқа – *Medicago falcata*, қазтабан – *Potentilla bifurca* қатысуымен пайда болады. Мұндай қауымдастықтар сондай-ақ шоқылық және қатараралық ойпаңдар үшін, бұлақтардың биік жайылма алқаптарының баурайлары, ішкі тауасты жазықтары үшін тән.

Жеткіліксіз жербеткі ылғалданудың жайылымдық топырақтар арасында карбонатты, сор, сортаңдарды бөліп қарастырады. Олар үшін жайылымдардың ұзын қабыршақты ақмамық – *Puccinellia dolicholepis*, арпа қысқа қылтанды – *Hordeum brevisubulatum*, Богдан – *H.bogdanii*, сортаңды жағалаулық – *Aeluropus littoralis*, жылтыр ши – *Achnatherum splendens* басым болған ценоздары ретінде берілген галофитті нұсқалар тән. Олар бұлақтардың жайылма алқаптары мен алқапүсті террасаларда, құм-сазды және ауыр құм-сазды механикалық құрам топырақтарында таралған. Мұндай телімдер бұлақ алқаптарының төменгі жағында немесе Дегелең таулы массивінің тау алды жазықтарында кездеседі.

Жайылымдық карбонаттар жер бетінен шыққан карбонаттардың көп жинақталуымен (CaCO_3 қайта есептеу кезінде 12– 14% дейін) ерекшеленеді. Ары қарай тереңдеген сайын мөлшер гумустық көкжиектің төменгі жағында қуаты 30 см дейін қысқаратын максимумға жете отыра, 15 – 30% дейін және одан артық өседі. Органикалық заттектің құрамы мұндай топырақтарда 4-7% дейін азаяды. Карбонатты топырақтар тегіс төбелерде немесе жазықтардың төменгі бөліктерінде сумен бөлінетін кеңістіктерде пайда болады. Мұндай топырақтар үшін бидайық (*Agropyron repens*), қияқөлең (*Carex supina*), мия (*Glycyrrhiza uralensis*), ши (*Lasiagrostis splendens*) жусан (*Artemisia austriaca*, *A.sublessingiana*), қоңырбас (*Koeleria cristata*) және бетере (*Festuca valesiaca*) қатысуымен дала өсімдік қауымдастығы тән.

Жайылымдық сортаң топырақтар сор топырақ суларының жақын жатуымен депрессионды рельефтерде таралған. Олардың құрамында 3-4% дейінгі органикалық заттек бар орташа қуатты гумусты көкжиегі бар, оның төменгі бөлігінде жаңғақты жылтыр иллювиальды сортаң көкжиек «В» байқалады. Бұл көкжиекте, кальций, мен магнийге бай топырақ-сіңіргіш кешенде 20% дейінгі мөлшерде натрий де бар, бұл топырақтың сілтілігі мен тығыздығын күшейтеді. Мұндай топырақтар көлдердің, су қойнауларының, су қоймаларының жағалау аймақтарында қалыптасады. Сортаң топырақтардың бұл ерекшеліктері өсімдіктің көптеген түрлерінің өсуіне себепкер болмайды. Жайылымдық сортаң топырақтарда, негізінен, жайылымдық дәнділер – жауқияқ (*Leymus angustus*), бидайық (*Agropyron repens*), ши (*Lasiagrostis splendens*), қияқ (*Imperata cylindrica*), ақмамық (*Puccinella dolicholepis*) қалыптасады. Сор жерлерде жусанның әртүрлі түрлері тамыр жайған, кей жерлерде қияқ масақ (*Psathyrostachys Pjunea*), грудник (*Linosyris vulgaris*) немесе бетере (*Festuca valesiaca*) өскен.



3-сурет. «Дегелең» алаңы топырақ-өсімдік экожүйелерінің карта-схемасы

Жайылымдық сортаң топырақтар әлсіз минералданған топырақ суларының сіңірілу жағдайларында және топырақ бейінінде орташасазды, ауырсазды түрлерінің артық болуымен қалыптасады. Топырақтардың жоғарғы көкжиектерінде жеңіл еритін тұздарының жинақталуы тән. Ол кезде мұндай топырақтардың арасында сортаң түрдегі (0-30 см қабаттағы тұздардың құрамы 0,3% аса мөлшерде); сор топырақ түрдегі (30-80 см қабаттағы құрамы 0,3% аса мөлшерде) бөлініп қарастырылады. Сортаң то-

пырақтардың жербеткі көкжиектерінде 1 % және одан артық жеңілерітін тұздар бар. Гумустың құрамы көкжиектің қуатының азаюымен бірге 2-3 % дейін азаяды. Сортаң топырақтар үшін галофитті-дәнді өсімдік түрлері тән. Бұл ши (*Lasiagrostis splendens*), қияқ (*Imperata cylindrical*), бидайық (*Agropyron repens*), жауқияқ (*Leymus angustus*), ақмамық (*Puccinella dolicholepis*), жусан Шренка (*Artemisia Shrenkiana*), кермек Гмелина (*Limonium Gmelinii*), сортаң сарыгүл (*Iris halophila*), қараматау шөбі (*Camphorosma*). Сор топырақтар үшін тән өсімдіктер алабота (*Atriplex sana*), сор өсімдіктері (*Salsola*), бұршақ тұқымдас софора (*Sophora L*), жусан Шренка (*Artemisia Shrenkiana*), кермек Гмелина (*Limonium Gmelinii*), қос жапырақтылар (*Nitraria sibirica*), шыбық (*Kochia prostrata*).

Топырақ-өсімдік кешендерін ландшафт пен олардың карталануына байланысты құру. Зерттеліп жатқан аумақтың жеке негізгі телімдерін карталандыру, әртүрлі ландшафтты байлаудың телімдерінде топырақ пен өсімдіктің қосарланған үлгілерін іріктеп алу, ғарыштық түсірілімдерді пайдалану Дегелең төментаулы массивтің топырақ-өсімдік кешенінің карта-схемасын құруға мүмкіндік берді (3-сурет). Топырақ-өсімдік кешендері рельефтің элементі мен оның ландшафттағы орналасуын, абсолюттік белгіні және аумақтың салыстырмалы биіктігін, экспозицияны, топырақ типі мен өсімдік қауымдастықтарының басым түрлерін ескереді. Бірақ рельефтің күрт бөлінуіне, және, тиісінше, табиғат жағдайларының ауысуына байланысты ұсынылған карта схемалық болып табылады, бұл түсінік сөздердің жан-жақтылығымен беріледі. Карта топырақ-өсімдік кешендерінің таралуының тек негізгі тенденциялары мен олардың рельефтен және биіктік байлаудан тәуелділігін көруге мүмкіндік береді.

**«ДЕГЕЛЕҢ» алаңы экожүйелерінің карта-схемасына
ТҮСІНІК СӨЗДЕР**

	Төментаулардың экожүйелері
1	Бірлі-жарым өсімдіктер мен <i>Parmelia vagans</i> , <i>P. cetrata</i> , <i>Diploschistes scropsus</i> , <i>Caloplaca elegans</i> , <i>Orostachys spinosa</i> , <i>Lybanotis buchtormensis</i> , <i>Euphorbia humilis</i> , <i>Patrinia intermedia</i> , <i>Onosma simplicissimum</i> , <i>Diantus acicularis</i> , <i>Silene suffrutescens</i> , <i>Hieracium echiodides</i> басым топтар құздардың гранитті плиталарында; Бірлі-жарым өсімдіктер мен <i>Solanum dulcamara</i> , <i>Urtica urens</i> , <i>Setaria viridis</i> , <i>Carex pediformis</i> , <i>Festuca valesiaca</i> басым, қиылыспаған топтар, шыңдар бойынша құлама аймақтарында және жоталар қырының етегі бойынша техногенді шөгінділерде; дәнді-аралас шөпті-бұталылармен бірге (<i>Rosa spinosissima</i> , <i>Lonicera microphylla</i> , <i>Spiraea hypericifolia</i> , <i>Caragana frutex</i> , <i>Artemisia scoparia</i> , <i>Veronica spuria</i> , <i>Chamaerodos erecta</i> , <i>Festuca valesiaca</i> , <i>Agropyron cristatum</i>) қауымдастықтармен шөгінділер жиектерінде.
2	<i>Қауымдастықтар сериясы:</i> Петрофитті-аралас шөптілер (<i>Orostachys spinosa</i> , <i>Sedum hybridum</i> , <i>Patrinia intermedia</i> , <i>Gypsophila patrinii</i> , <i>Veronica pinnata</i> , <i>Potentilla acaulis</i> , <i>Aretemisia latifolia</i>) ұсақ топырағы бар сызаттарда; Петрофитті-бұталылар (<i>Rosa spinosissima</i> , <i>Spiraea trilobata</i> , <i>Lonicera microphylla</i> , <i>Cotoneaster melanocarpa</i> , <i>Pentaphylloides parvifolia</i> , <i>Berberis sibirica</i>) гранитті плиталардың ірі құмды телімдерінде; қылқанжапырақтылар (<i>Juniperus sabina</i>) ірітасты техногенді шөгінділерде жоталар қырының етегінде.

3	<i>Қауымдастықтар серияларының бірлесуі:</i> Аралас шөпті-кыякөленді-дәнділер (<i>Helictotrichon desertorum</i>, <i>Stipa kirghisorum</i>, <i>Festuca valesiaca</i>, <i>Carex pediformis</i>, <i>Thalictrum foetidum</i>, <i>Bupleurum aureum</i>, <i>Chamaerodos erecta</i>, <i>Pulsatilla patens</i>) жоталардың солтүстік қырының аз дамыған қатты қиыршықты таулы-қызғылт қоңыр топырақтарында; Дәнділер – аралас шөптілер (<i>Fragaria viridis</i>, <i>Onosma simplicissimum</i>, <i>Diantus acicularis</i>, <i>Silene suffrutescens</i>, <i>Hieracium echinoides</i>, <i>Papaver tenellum</i>, <i>Veronica spuria</i>, <i>Artemisia latifolia</i>, <i>A.rupestris</i>, <i>Festuca valesiaca</i>, <i>Stipa capillata</i>, <i>Agropyron cristatum</i>) бұталылардың қатысуымен (<i>Spiraea trilobata</i>, <i>S.hypericifolia</i>, <i>Caragana pumila</i>, <i>Lonicera microphylla</i>) жоталардың оңтүстік қырының аз дамыған қатты қиыршықты таулы-қызғылт қоңыр топырақтарында; <i>серияларымен бірге:</i> петрофитті-аралас шөпті-бұталылар (<i>Pentaphylloides floribunda</i>, <i>Rosa spinosissima</i>, <i>Spiraea trilobata</i>, <i>Cotoneaster oliganthus</i>, <i>Berberis sibirica</i>, <i>Artemisia obtusiloba</i>, <i>Orostachys spinosa</i>, <i>Ziziphora clinopodioides</i>, <i>Thymus serpyllum</i>, <i>Gypsophila patrinii</i>) және қылқандылар (<i>Juniperus sabina</i>), гранитті плиталардың шығар жеріндегі қауымдастықтар; топтар <i>Festuca valesiaca</i>, <i>Stipa kirghisorum</i>, <i>Cleistogenes squarrosa</i>, <i>Carex pediformis</i>, <i>Artemisia frigida</i>, <i>Artemisia latifolia</i>, <i>Thymus serpyllum</i>, <i>Ziziphora clinopodioides</i>, <i>Veronica incana</i>, <i>Ephedra distachya</i> басымдылығымен бұзылған телімдерде.
4	<i>Қауымдастықтар сериясы:</i> бұталы-жусанды-петрофитті- аралас шөптілер (<i>Potentilla acaulis</i>, <i>Patrinia intermedia</i>, <i>Orostachys spinosa</i>, <i>Sedum hybridum</i>, <i>Gypsophila patrinii</i>, <i>Artemisia frigida</i>, <i>A.obtusiloba</i>, <i>Caragana pumila</i>, <i>Spiraea hypericifolia</i>) тасты шығарындыларда; кыякөленді-қарағанды-суық жусанды-шымдәнділер (<i>Festuca valesiaca</i>, <i>Helictotrichon desertorum</i>, <i>Cleistogenes squarrosa</i>, <i>Artemisia frigida</i>, <i>Caragana pumila</i>, <i>Carex pediformis</i>) ірі құмды телімдерде; жусанды-бетегелі-селеулілер (<i>Stipa capillata</i>, <i>S.kirghisorum</i>, <i>Festuca valesiaca</i>, <i>Artemisia marshalliana</i>, <i>A.frigida</i>) бұталылардың қатысуымен (<i>Caragana pumila</i>, <i>Spiraea hypericifolia</i>) және аралас шөптілер (<i>Galium verum</i>, <i>Phlomis tuberosa</i>, <i>Leonurus glaucescens</i>, <i>Dianthus leptopetalis</i>) толық дамымаған қиыршықты таулы-қызғылт қоңыр топырақтарда жоталардың етегі бойынша.
	Жоғары ұсақшоқылардың экожүйелері
5	<i>Қауымдастықтар сериясы:</i> петрофитті-аралас шөпті-бұталылар <i>Caragana pumila</i>, <i>C.frutex</i>, <i>Spiraea hypericifolia</i>, <i>Atraphaxis frutescens</i>, <i>Orostachys spinosa</i>, <i>Sedum hybridum</i>, <i>Ephedra distachya</i>, <i>Ajanía fruticulosa</i> тасты шығарындылар бойынша, дәнді-петрофитті- аралас шөптілер (<i>Gypsophila patrinii</i>, <i>Goniolimon speciosum</i>, <i>Onosma tinctorum</i>, <i>Veronica incana</i>, <i>Hyssopus macranthus</i>, <i>Festuca valesiaca</i>, <i>Stipa capillata</i>, <i>Koeleria cristata</i>) ірі құмды телімдерде, қарағанды-бетегелі-суық жусандылар (<i>Artemisia frigida</i>, <i>Festuca valesiaca</i>, <i>Caragana pumila</i>) бұралаң ұсақ шоқылардың құздары мен етегінде қатты қиыршықты телімдерде; Бірлі-жарым өсімдіктер мен кесілген топтар басым <i>Festuca valesiaca</i>, <i>Koeleria cristata</i>, <i>Stipa capillata</i>, <i>Caragana pumila</i>, <i>C.frutex</i>, <i>Hyssopus macranthus</i>, <i>Thymus serpyllum</i>, <i>Onosma tinctorum</i>, <i>Veronica incana</i>, <i>Goniolimon speciosum</i>, <i>Ephedra distachya</i>, <i>Artemisia scoparia</i>, <i>A. dracunculus</i>, <i>Berteroа incana</i> бұзылған телімдерде.

6	Қауымдастықтар тобы баурайлардың қиыршықты ақшыл-қызғылт топырақтарында және бұралаң ұсақ шоқылардың шлейфтерінде : Жусанды-бетегелі-тырсықтылар (<i>Stipa capillata</i>, <i>Festuca valesiaca</i>, <i>Artemisia frigida</i>, <i>A. marschalliana</i>) қатысуымен <i>Caragana pumila</i>, <i>Spiraea hypericifolia</i>; бұталы-жусанды-шымдыдәнділер (<i>Stipa capillata</i>, <i>Festuca valesiaca</i>, <i>Aremisia frigida</i>, <i>A. marschalliana</i>, <i>Caragana pumila</i>, <i>Spiraea hypericifolia</i>) қатысуымен <i>Phlomis tuberosa</i>, <i>Galium ruthenicum</i>, <i>Gypsophila paniculata</i>; жусанды-бетегелі-тырсықты (<i>Stipa capillata</i>, <i>Festuca valesiaca</i>, <i>Artemisia frigida</i>, <i>A. marschalliana</i>), кейде қатысуымен <i>Ceratoides papposa</i>. Топтар <i>Aremisia.austriaca</i>, <i>Eringium planum</i>, <i>Gypsophila paniculata</i>, <i>Acroptylon repens</i>, <i>Chenopodium urbicum</i>, <i>Psathyrostachis juncea</i>, <i>Ceratocarpus arenarius</i> бұзылған телімдерде.
7	Қауымдастықтар сериясының бірізгі: бай аралас шөпті-киякөлең-дәнділер (<i>Helictotrichon desertorum</i>, <i>Festuca valesiaca</i>, <i>Stipa kirghisorum</i>, <i>Carex pediformis</i>, <i>Thalictrum simplex</i>, <i>Salvia stepposa</i>, <i>Sedum purpurea</i>, <i>Dracocephalum nutans</i>, <i>Veronica spuria</i>, <i>Delphinium dictyocarpum</i>) қызғылт қоңыр топырақтарда және дәнді-аралас шөптілер (<i>Potentilla bifurca</i>, <i>Medicago falcata</i>, <i>Galatella biflora</i>, <i>Iris sibirica</i>, <i>Poa angustifolia</i>, <i>Leymus angustus</i>, <i>Elytrigia repens</i>), кейде қатысуымен <i>Rosa spinosissima</i>, <i>R. majalis</i>, <i>Lonicera tatarica</i>, <i>Padus avium</i>, <i>Betula pendula</i>, <i>Populus tremula</i> баурайлар бойынша жайылымдық-қызғылт қоңыр топырақтарда. Топтар басымдылықпен <i>Artemisia sieversiana</i>, <i>A.dracunculus</i>, <i>Euphorbia humilis</i>, <i>Berteroa incana</i>, <i>Alyssum tortuosum</i>, <i>Thlaspi arvense</i>, <i>Tanacetum vulgare</i> бұзылған телімдерде
	Төмен ұсақшоқылардың экожүйелері
8	Қауымдастықтар сериясының бірізгі: Бұталы-петрофитті-аралас шөптілер (<i>Orostachys spinosa</i>, <i>Sedum hybridum</i>, <i>Ephedra distachya</i>, <i>Ajania fruticulosa</i>, <i>Caragana pumila</i>, <i>Atraphaxis frutescens</i>) аз дамыған қиыршықты ақшыл-қызғылт-қоңыр топырақтарда; Маршалл-жусанды-бетегелі-тырсықтылар (<i>Stipa capillata</i>, <i>Festuca valesiaca</i>, <i>Artemisia marschalliana</i>), кейде қатысуымен <i>Spiraea hypericifolia</i>, <i>Caragana pumila</i>, <i>C. frutex</i> ақшыл-қызғылт қоңыр майда тасты топырақтарда; бұталы-дәнді-аралас шөптілер (<i>Medicago falcata</i>, <i>Phlomis tuberosa</i>, <i>Potentilla bifurca</i>, <i>Leonurus glaucescens</i>, <i>Poa angustifolia</i>, <i>Leymus ramosus</i>, <i>Spiraea hypericifolia</i>, <i>Halimodendron halodendron</i>) шоқыаралық төбешіктердің жайылымдық-қызғылт қоңыр топырақтарында; проценоздар басымдылығымен <i>Artemisia sieversiana</i>, <i>A. austriaca</i>, <i>A. scoparia</i>, <i>Leymus angustus</i>, <i>Achillea asiatica</i>, <i>Potentilla bifurca</i>, <i>Melilotus dentatus</i>, <i>Verbascum phoenicum</i>, <i>Chenopodium acuminatum</i>, <i>Dodartia orientalis</i> бұзылған телімдерде.

9	<i>Қауымдастықтар сериясының бірігуі:</i> петрофиттілер (<i>Orostachys spinosa</i>, <i>Patrinia intermedia</i>, <i>Agropyron cristatum</i>, <i>Veronica pinnata</i>, <i>Potentilla acaulis</i>) жергілікті жыныстардың шыққан жерінде; бұталы-петрофитті-аралас шөптілер (<i>Orostachys spinosa</i>, <i>Sedum hybridum</i>, <i>Ephedra distachya</i>, <i>Ajania fruticulosa</i>, <i>Caragana pumila</i>, <i>Atraphaxis frutescens</i>) шоқы құздарының ақшыл-қызғылт қоңыр майда тасты аз дамыған топырақтарда; қараған-суық жусанды-бетегелі-тырсықты-селеулі (<i>Stipa lessingiana</i>, (<i>Stipa capillata</i>, <i>Festuca valesiaca</i>, <i>Artemisia frigida</i>, <i>Caragana pumila</i>) шоқы құздарының ақшыл-қызғылт қоңыр майда тасты толық дамымаған, кей жерінде ірі құмды топырақтарында; бұталы-аралас шөпті-дәнділер (<i>Festuca valesiaca</i>, <i>Poa stepposa</i>, <i>Leymus angustus</i>, <i>Achillea asiatica</i>, <i>Medicago romanica</i>, <i>Galium ruthenicum</i>, <i>Artemisia pontica</i>, <i>Spiraea hypericifolia</i>, <i>Caragana pumila</i>) шоқы арасындағы төмпешіктердің ақшыл-қызғылт топырақтарында және проценоздар басымдылығымен <i>Artemisia austriaca</i>, <i>Chondrilla laticoronata</i>, <i>Thlaspi arvense</i>, <i>Isatis costata</i>, <i>Lactuca serriola</i>, <i>Chorispora sibirica</i> бұзылған телімдерде.
10	<i>Қауымдастықтар сериясы:</i> петрофитті (<i>Orostachys spinosa</i>, <i>Patrinia intermedia</i>, <i>Potentilla acaulis</i>, <i>Veronica pinnata</i>) жергілікті жыныстардың шыққан жерінде; шақты жусанды-бетегелі-селеулі-тырсықтылар (<i>Stipa capillata</i>, <i>S. lessingiana</i>, <i>Festuca valesiaca</i>, <i>Artemisia compacta</i>) ақшыл-қызғылт қоңыр майда тасты толық емес дамыған топырақтарда; жусанды-бетегелі-тырсықтылар (<i>Stipa sareptana</i>, <i>Festuca valesiaca</i>, <i>Artemisia gracilescens</i>, <i>A. compacta</i>) ақшыл-қызғылт қоңыр майда тасты топырақтарда кешенде: тас бүйіргенді-бүйіргенді-жусандылар (<i>Artemisia gracilescens</i>, <i>A. pauciflora</i>, <i>Anabasis salsa</i>, <i>Nanophyton erinaceum</i>) <i>Limonium suffruticosum</i> ақшыл-қызғылт қоңыр тұзды топырақтарда; проценоздар басымдылығымен <i>Artemisia albida</i>, <i>A. nitrosa</i>, <i>Bassia sedoides</i>, <i>Axyris hybrida</i>, <i>Salsola collina</i>, <i>Halogeton glomeratus</i> бұзылған телімдерде.
	Делювиалды-пролювиалды жазықтықтардың экожүйелері
11	Қауымдастықтар тобы: маршалл жусанды-бетегелі-тырсықтылар (<i>Stipa capillata</i>, <i>Festuca valesiaca</i>, <i>Artemisia marschalliana</i>); Селеулі-бетегелі-маршалл жусандылар (<i>Artemisia marschalliana</i>, <i>A. austriaca</i>, <i>Festuca valesiaca</i>, <i>Stipa lessingiana</i>, <i>S. capillata</i>, <i>Koeleria cristata</i>, <i>Hultemia persica</i>) жеңілсазды ақшыл қызғылт қоңыр топырақтарда Кейде кешенде жіңішке жусанды-бетегелі-тырсықтылар (<i>Stipa capillata</i>, <i>Festuca valesiaca</i>, <i>Artemisia gracilescens</i>) қатысуымен <i>Anabasis salsa</i>, <i>Nanophyton erinaceum</i> кең шоқы арасы жазықтықтарының сортаңды ақшыл қызғылт қоңыр топырақтарда және проценоздар басымдылығымен <i>Leymus paboanus</i>, <i>Artemisia austriaca</i>, <i>Psathyrostachis juncea</i>, <i>Thlaspi arvense</i>, <i>Lepidium ruderalis</i>, <i>Polygonum aviculare</i>, <i>Kochia scoparia</i>, <i>Chenopodium acuminatum</i>, <i>Ch. album</i> бұзылған телімдерде.
12	Қауымдастықтар кешені: жіңішке жусанды-шымдыдәнділер (<i>Festuca valesiaca</i>, <i>Stipa capillata</i>, <i>S. sareptana</i>, <i>Koeleria cristata</i>, <i>Artemisia gracilescens</i>) шоқыаралық әлсізтолқынды жазықтықтың тегіс телімдері мен қауымдастықтардың микробелдеулі қатарлары бойынша: а)көс жарнақтылар-тұзға төзімді көс жарнақтылар (<i>Salicornia europaea</i>, <i>Suaeda acuminata</i>), s

	Аллювиалды жазықтықтардың экожүйелері
	<i>Ежелгі аллювиалды жазықтықтардың экожүйелері</i>
13	Қауымдастықтар қатары: батпақ өсімдіктері (<i>Spagnum microcarpum</i>), ®
	Қазіргі аллювиалды жазықтықтардың экожүйелері
14	Қауымдастықтар қатары: Гигрофиттіаралас шөптілер (<i>Juncus gerardii</i> , <i>Heleocharis acicularis</i> , <i>Butomus umbellatus</i> , <i>Crypsis aculeata</i>), ®
15	Қауымдастықтар қатары: рогозалық-гүйнектіқамыстылар (<i>Bolboschoenus planiculmis</i> , <i>Typha laxmannii</i>) ®
16	Қауымдастықтар қатары: құрақтылар (<i>Phragmites australis</i>) жайылымдық артық ылғалданған топырақтарда, ®
	Сор жерлердің экожүйелері
17	Сарсазандылар (<i>Halocnemum strobilaceum</i>) және өсімдіксіз телімдер.
	Антропогендік жасалған экожүйелер
18	Қауымдастықтардың демутиациялық сериялары (қалпына келтіру): арамшөпті аз жылғылардың топтары (<i>Avena fatua</i> , <i>Lactuca altaica</i> , <i>Artemisia sieversiana</i> , <i>Barbarea stricta</i> , <i>Ceratocarpus arenarius</i>) → арамшөпті тамыртұқымды көп жылғылар мен тамырлы көп жылғылардың топтары (<i>Cirsium arvense</i> , <i>Convolvulus arvensis</i> , <i>Artemisia procera</i> , <i>Artemisia austriaca</i>) группировки → шым-дәнді-жусандылар қауымдастықтары (<i>Artemisia marschalliana</i> , <i>A. dracunculus</i> , <i>Agropyron cristatum</i> , <i>Festuca valesiaca</i>) → аралас шөптілер-жусандылар-шымдәнділердің қауымдастықтары (<i>Agropyron cristata</i> , <i>Festuca valesiaca</i> , <i>Stipa lessingiana</i> , <i>Artemisia sublessingiana</i> , <i>A. marschalliana</i> , <i>Medicago romanica</i>) ауыл шаруашылықта пайдалану жерлерінде.
19	Топтар: австрия жусаны (<i>Artemisia austriaca</i>), жусан сыпыртқылық (<i>Artemisia scoparia</i>), есекмиялы (<i>Vexibia alopecuroides</i>), изен сыпыртқылық (<i>Kochia scoparia</i>), Сиверс изені (<i>Kochia sieversiana</i>), ақ алабұта (<i>Chenopodium album</i>), кірпікшелі климакоптералар (<i>Climacoptera brachiata</i>), ебелек (<i>Ceratocarpus arenarius</i>) қатысуымен.

3. ЗЕРТТЕЛІП ЖАТҚАН АУМАҚТАҒЫ ТЕХНОГЕНДІ ҚЫЗМЕТКЕ БАЙЛАНЫСТЫ ТОПЫРАҚ-ӨСІМДІК ЖАМЫЛҒЫСЫНЫҢ ҚАЗІРГІ АХУАЛЫ

«Дегелең» алаңында 1961 жылдан бастап 1989 жылға дейін жерасты ядролық жарылыстар жүргізілді. Олар үшін граниттермен, липариттердің туфолаваларымен, сиенит-порфиралармен, гранит-порфиралармен және базальттармен берілген жергілікті жыныстар 181 штольняда тесілді.

Сынақтарды жүргізу үшін көптеген дайындық жұмыстары: автомобиль жолдарын салу, ЛЭП, қазынды жұмыстарының үлкен көлемі, тығыз жыныстарда көлденең штольняларды салу, әртүрлі объектілерді салу үшін борпылдақ топырақты жинау және үю мен жерлерді қайта құнарландыру, әскери тағайындалуы бар объектілерді салу мен полигонда жұмыс істейтін адамдардың тұруы үшін инфрақұрылым салу жүргізілді.

Шаруашылық қызметінің барлық түрлері топырақтың табиғи құрылуының бұзылуына әкелді. Топырақтың аса құнарлы жоғарғы қабаты басқа телімнен түскен бор-

пылдақ топырақпен жиі жабылып отырды немесе алынды, бұл гумустық көкжиек қуатының өзгеруіне және ондағы органикалық заттек құрамының өзгеруіне әкелді. Бұлақ арналары арқылы Байтілес, Ұзынбұлақ және басқа бұлақтар алқаптарында орын алған жолдарды салу кезінде жер тоғандары топырақпен жабылған болатын. Тоған денесінде су жолдарының бар болуына қарамастан кіші өзендердің табиғи режимі бұзылады – қар сулары тоған маңында өлшенген материалдың үлкен мөлшерін қалдыра отыра осы жерде қалып қояды. Сонымен, топырақтың жоғарғы қабаты өседі және жайылымдық топырақтардың табиғи қалануы бұзылады.

Штольнялардағы ядролық жарылыстар кезінде, барлығынан бұрын, күз жыныстарының дезинтеграциясы жүрді. Негізгі жоталардың жалдары мен олардың бүйір жақтары толқынды соққылардың көп реттік әсерімен бұзылып, жаңа сызаттар пайда болды. Жоталардың шыңдарында «сыну аймағы», ал баурайларында – техногенді бұзылған шөгінділер пайда болды. Техногенді бұзылған шөгінділер баурайлардың телімдерін штольня порталдарына дейін жиі қамтиды. Топырақтың борпылдақ қабаты тік баурайларда сынған материалмен жабылған немесе тау бөктеріне қарай төмен жылжыған.

Ядролық сынақтарды тоқтатқан соң «Дегелең» алаңында штольнялардан аққан су ағындары пайда болды, олар олардан шығар жерлердің бетон тығынмен жабылғанына қарамастан, әр түрлі кезеңдігімен жұмыс істеп тұрған болып қала береді. Табиғи су тұну күшейді, өйткені жарылыстармен сулы көкжиектер бұзылды және бұзылған жыныстар атмосфералық жауын-шашындар үшін аса өткізгіштік қасиетке ие болды. Штольнядан аққан сулармен қазіргі бар жазықтардың арналарына құятын жаңа бұлақтар пайда болды. Олар, топырақ-өсімдік жамылғысын және тұтасымен алғанда бүкіл ландшафтты өзгерте отырып, осы телімдерде суланудың жаңа жағдайларын құрайды. Табиғи ландшафттың өзгеруін траншеялардан мыс кәбілдерді алу бойынша регламенттелмеген қызмет пен осы процеске себепкер болатын өрттер қосады. Табиғи ландшафттың бұзылуында үлкен рөлді адам қызметінің нәтижесінде қалдырылған техногенді қоқыс атқарады.

Рұқсатты техногенді қызмет – флюоритті өндіру де сол сияқты жер қыртысын өзгертеді. Дегелең төментаулы массивте флюориттік кенорнын ашық тәсілмен өңдеу нәтижесінде карьер мен топырақ үйінділеріндегі топырақ-өсімдік жамылғысы толықтай жойылған. Іргелес аумақтарда ол көбінесе бұзылған.

Топырақ жамылғысының, әсіресе жайылымдық топырақтарда, алғаш қарағанда өзгерістер байқалмайды, өйткені жайылымдық топырақтар қалыптасуының қарқынды процестері мен артық ылғалдану кезінде бұлақ алқаптарында өсімдікпен қаулап өсу жеткілікті жоғары. Бірақ аса жіті зерттеулер борпылдақ топырақтың беткі қабатынан салынған көмілген гумустық көкжиектерді, гумустық көкжиектің кемітілген қуатын немесе оның жоқтығын көруге мүмкіндік береді. «Ластанған» телімдерде топырақ кесінділеріндегі техногенді радионуклидтердің таралу бейнесіндегі ауытқуларды осы жағдаймен түсіндіруге болады, өйткені рекультивациялық жұмыс кезінде аса «лас» жер бетіне таза топырақ қабатын себу жүзеге асырған.

Жайылымдық қатар топырағының антропогенді араласуынан соң бұлақтар алқаптарында жаңа ерекшеліктер пайда болды, олар табиғи жағдайларда орын алған тек нақты бір бұлақтар бассейндеріндегі орналасуына ғана байланысты емес, сонымен

қатар ылғалданудың қазіргі көзіне, яғни су ағынынан штольняға қарай жақын орналасуына да байланысты.

Топырақ жамылғысымен бір уақытта өсімдік жамылғысының өзгеруі болды. Гумустық көкжиектің техногенді бұзылуы кезінде – оның қуаттылығы немесе ондағы органикалық заттек құрамының азаюы кезінде – өсімдіктің ценотикалық құрамында өзгерістер жүреді, ол топырақтардың аталған типі үшін тән емес түрлердің пайда болуына әкеледі. Бірақ топырақтардың әртүрлі типтеріндегі өзгерістер әр түрлі. Мысалы, ұсақ шоқылардың, тау тізбектерінің төменгі және жоғарғы баурайларында орын алған аймақтық таулы-ақшыл-қызғылт және ақшыл-ақшыл-қызғылт топырақтарда ең бірінші мүктер түрі, ал ұсақ топырақ жинақталған жерлерде арам шөп түрлері немесе петрофитті өсімдіктердің бірлі-жарым өсімдіктері пайда болады.

Топырақ толық құртылған жағдайда жер бетінің нөлдік циклдан бастап қайта өсуі жүреді. Бұл процессті Б.М.Султанова [30] штольнялардың жабылған кезінде құрылған порталалды алаңдарында жіті зерттеген. Порталалды алаңдарының жер беті басқа телімдерден әкелінген топырақтардан тұрады, бұл құрамында ұсақ жері бар ірі тасты-майда тасты және жақын төбелерден қырып алған топырақтардан тұрады. Сондықтан порталалды алаңдардағы өсімдіктердің бұзылуы көбінесе оның құрылымына әсер ететіндей сирек ішінара болады, негізінен, ол кішігірім алаңдарда өсімдік жамылғысы толықтай алынатын кезде өте күшті, немесе топырақ, өсімдік мен төселген жыныстар арасында орныққан тепе-теңдік бұзылған кезде апатты жағдайда болады. Мұндай жағдайларда табиғи қаулап өсу алғашқы сукцессия типі, яғни топырақ-өсімдік жамылғысының толық жойылуынан соң қайта қалпына келуі бойынша жүреді.

Порталалды алаңдағы сингенетикалық сукцессияны келесі сатылармен түсіндіруге болады: бірлі-жарым өсімдіктердің орнығуы, олардың өсуі мен тірі қалуы, топтардың қалыптасуы. Техногенді экотоптардың табиғи қаулап өсуінің келесі сатылары литоздафотоптардың жасымен және құрамымен, қоршаған өсімдік жамылғысының сипатымен анықталады.

Сонымен, порталалды алаңдарда бірінші болып арам шөп және адвентивті түрлері бар: *Amaranthus retroflexus*, *Ceratocarpus arenaria*, *Artemisia scoparia*, *Kochia scoparia*, *Acroptilon repens*, *Fumaria vaillantii*. Бірақ зерттелген қауымдастықтардың түрлік құрамы көп жерде кездейсоқ, және экотоп жағдайлары сияқты да, қоса шектелген телімдерден алынған диаспоралардың әкелу мүмкіндігі сияқты да анықталады. Және сонда да табиғи қаулап өсуде жетекші рөл сол бір шөптесін түрлердің аздаған мөлшеріне тиесілі: *Artemisia dracunculus*, *Artemisia scoparia*, *Artemisia sieversiana*, *Artemisia vulgaris*, *Kochia scoparia*, *Kochia sieversiana*, *Amaranthus retroflexus*, *Lactuca serriola*, *Chorispora sibirica*, *Isatis costata*, *Berteroa incana*, *Melilotus albus*, *Medicago falcata*, *Solanum dulcamara*, *Ziziphora clinopodioides*. Әсіресе қайтадан қалыптасқан техноэдафотоптарда жоғары белсенділікпен келесі түрлер ерекшеленеді: *Artemisia dracunculus*, *Artemisia sieversiana*, *Kochia scoparia*, *Amaranthus retroflexus*, *Lactuca serriola*, *Medicago falcata*, *Melilotus albus*.

Екінші реттік өсімдіктің қалыптасу жылдамдығы субстраттардың гранулометриялық құрамына тікелей байланысты. Штольнялардың порталалды алаңдарының қатты тасты телімдерінде немесе порталдардың өздерінде іс жүзінде қаулап өспейді. Егер субстраттың құрамында тіпті аз мөлшерде ғана ұсақ топырақ болса, қаулап өсу

жылдамдығы жоғары. Порталалды алаңда өсімдік топтарының дифференциациясы сондай-ақ микрорельеф пен құмтопырақтардың құрамына байланысты.

Қайтадан қалыптасқан техногенді орындардағы барлық өсімдік топтары аймақтық қоғамдастықтардан өте ерекшеленеді және өсімдік жамылғысының қалпына келу процесінің пионерлік сатысы (немесе бірнеше сатылар) ретінде берілген.

Өсімдік жамылғысының қалпына келуі жергілікті флораның қоры есебінен жүреді. Мысалы, штольнялар жабылғаннан кейінгі алғашқы 3 жыл ішінде қайтадан қалыптасқан этотопаларда жалпы жобалық жамылғысы сирек кезде 5-10% асқан бірлі-жарым өсімдіктер, кесілген топтар және жекелген микрофитоценоздар дамыды. Он жыл өткен соң біздің бақылаулар қайлап өсу жалғасқанын көрсетеді. Бірақ табиғи өсу баяу және тиімсіз өтуде. Аймақтық өсімдіктердің толық қалпына келуі үшін өте үлкен мерзім қажет.

ҚОРЫТЫНДЫ

Дегелең төментаулы массивінің топырақ және өсімдік жамылғысын көп жылғы зерттеу нәтижесінде жан-жақты, кешенді, және, кейбір телімдерде, оған толыққанды сипаттама беруге мүмкіндік берген материал жинақталды. Ол өсімдік-топырақ-рельеф элементі-ылғалдану режімі экожүйесіндегі осы құрауыштардың бірлескен сипатын ескереді. Барлық құрауыштардың ландшафттағы орналасуының түрлі жағдайындағы өзара әрекетінің ерекшеліктері анықталды. Зерттеліп жатқан аумақта аса көп таралғаны аймақтық топырақтар болып табылады – бұл ақшыл-қызғылт аз- және жусанды-селеулі-бетегелі өсімдіктердің астындағы, шоқылардың етегінде, тізбекті таулар мен сумен бөлінген жазықтардың төменгі бөліктерінде дамыған бұталар мен петрофиттер қатысқан толық емес дамыған топырақтар. Зерттеліп жатқан аумақтың топырақтық-өсімдіктік жамылғысын зерттеу кезінде басты назар бұлақтар алқаптарын алып жатқан жайылымдық қатардың интрааймақтық топырақтарына аударылды, өйткені олар ұшырады, және бұл процесс аса үлкен радиоактивті ластануға жалғасуда.

Картографиялық материалдың, ғарыштық түсірілімдердің алынған деректері мен талдамалары негізінде зерттеліп жатқан аумақтың топырақтық-өсімдіктік кешендерінің схем  картасы құрылды, ол ортаның радиоактивті ластану жағдайында жүйенің басқа құрауыштарына байланысты өсімдік жамылғысы ауысуының негізгі тенденциясын көруге мүмкіндік береді.

Рельефтің түрлі элементтеріндегі топырақ-өсімдік жамылғысының антропогенді бұзылуының себептері мен дәрежесі анықталды. Бұзылулардың әртүрлі түрлері қарастырылды, сондай-ақ оның бөлшектеп немесе толық қалпына келуіне болжам жасауға мүмкіндік берген өсімдіктердің қалпына келуі бойынша бақылаулардың алғашқы нәтижесі келтірілді. Жайылымдық қатар топырақтарында бұзылған топырақта өсетін жайылымдық өсімдіктер аймақтық топырақтар жағдайларына қарағанда жылдамырақ өсетіні анықталды.

Антропогенді-бұзылған топырақ жамылғысының өсімдіктермен қаулап өсу процесін зерттеудің тек ғылыми қызығушылығы ғана бар деп айтуға келмейді. Техногенді, оның ішінде радиациялық апаттар жағдайында табиғаттың бұзылуы жиі орын

алады, бұл соңында осы сұрақтар бойынша тәжірибе мен білімді ескере отыра, осы құрауыштарды қалпына келтіру үшін практикалық шаралар әзірлемесін қажет етеді.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. Алексахин Р.М. Суармалы егіншіліктің радиоэкологиясы / Р.М. Алексахин, О.И. Буфарин, В.Г. Маликов [және басқалары]. – Мәскеу: Энергоатомбаспасы, 1985. – 224б.
2. Алексахин Р.М. Топырақ пен өсімдіктегі табиғи және жасанды радионуклидтерді зерттеудегі кейбір жетістіктер мен міндеттері / Р. М. Алексахин // Топырақтану. – 1982. – №6. – Б. 45-52.
3. Алексахин Р.М. Жасанды радионуклидтердің топырақтық химиясының кейбір өзекті мәселелері мен олардың ауыл шаруашылық өсімдіктеріндегі жинақталуы / Р.М. Алексахин // Топырақтану. – 1975. – №11. – Б. 32-39.
4. Алексахин Р.М. Топырақтар мен өсімдіктердің радиоактивті ластануы /Р.М. Алексахин. – Мәскеу: КСРО ҒА, 1963. – 132б.
5. Алиев Д.А. Стронций-90 мен цезий-137 Әзірбайжанның топырақ-өсімдік жамылғысында / Д.А. Алиев, М.А. Абдуллаев. – Мәскеу: Ғылым, 1983. – 102б.
6. Павлоцкая Ф.И. Ауқымды түсулер радиоактивті өнімдерінің топырақтағы жылыстауы / Ф.И. Павлоцкая. – Мәскеу: Энергоатомбаспасы, 1974.
7. Перцов Л.А. Биосфераның иондық сәулеленуі / Л.А. Перцов. – Мәскеу: Энергоатомбаспасы, 1973. – 216б.
8. Рассел Р.С. Радиоактивтілік және адам тағамы: [ағылш. аударылған] / Р.С. Рассел; В.М. Клечковскийдің ред. – Мәскеу: Энергоатомбаспасы, 1971. – 375б.
9. Радиобиологияның қазіргі мәселелері. Радиоэкология / Клечковскийдің ред.- Т. II. – Мәскеу: Энергоатомбаспасы, 1971. – 143б.
10. Иондық сәулеленудің аз дозалары әрекеттерінің теоретикалық және практикалық аспектілері: Бүкілодақтық симпозиум материалдары, 4-6 қыркүйек 1973 ж. – Сыктывкар: КСРО ҒА Комифилиалы, 1973. – 135б.
11. Юдинцева Е.В. Стронций мен цезий радиоактивті изотоптарының агрохимиясы / Е.В. Юдинцева, М.В. Гулякин. – Мәскеу: Энергоатомбаспасы, 1968. – 472б.
12. Стрильчук Ю.Г. Дегелең таулы массивіндегі штольнялардан аққан ағынсулар мен бұлақтар бойынша радионуклидті ластануды зерттеу / Ю.Г. Стрильчук, О.И. Артемьев // Семей сынақ полигоны аумағының радионуклидті ластануы. Р12: МНТЦ К-053 жобасы бойынша ғылыми-практикалық конференциясының материалдары. – Алматы: Ядролық физика институты, 1999. – Б. 73 – 80.
13. Алисов Б.П. КСРО климаттары /Б.П. Алисов. – М: Ғылым, 1969.
14. Федорович Б.А. Қазақстанның табиғи аудандастыру схемасы / Б.А. Федорович. – М.: Ғылым, 1969. – Б. 289 – 307.

15. Дегелең таулы массивінің гидрогеологиясы: ҚР ҰЯО ГЗИ DNA-001-95-179 келісім-шарты бойынша есебі. – Курчатов: ҚР ҰЯО ГЗИ, 1996.
16. Сваричевская З.А. Қазақстан мен Орта Азияның геоморфологиясы / З.А. Сваричевская. – М.: ММУ, 1965.
17. Қазақстан. Жалпы физика-географиялық сипаттамасы. – М.-Л., 1950.
18. Дегелең таулы массивінің гидрогеологиясы: ҚР ҰЯО ГЗИ DNA-001-95-179 келісім-шарты бойынша есебі. – Курчатов: ҚР ҰЯО ГЗИ, 1996.
19. Карамышева З.В. Орталық Қазақстан дала бөлігінің ботаникалық географиясы / З.В. Карамышева, Е.И. Рачковская. – М.: Ғылым, 1973.
20. Почвенная съемка / И.В.Тюрин, И.П.Герасимов ред. [және басқ.]. – М., 1959. – Б. 46-103.
21. Тюрин И.В. Докучаев атынд. топырақ институтының еңбектері / И.В. Тюрин. – Т.38. – М., 1951. – 128б.
22. Қазақстан Республикасы топырақтары мен өсімдіктерінің зертханалық зерттеулері бойынша әдістемелік нұсқаулықтар жинағы. – Алматы, 1998.
23. Аринушкина Е.В. Топырақтық химиялық талдамалар жөніндегі басшылық /Е.В. Аринушкина. – М.: Мәскеу университеті, 1962. – 490 б.
24. Качинский Н.А. Топырақтардың физикасы / Н.А. Качинский. – М., 1965. – 323б.
25. Далалық геоботаника. – М.: Ғылым, 1959. – Т. 1.- 444 б.; 1960. – Т. 2.- 500 б.; 1964. – Т. 3. – 530 б.; 1972. – Т.4.-336 б.; 1976.- Т. 5.-320 б.
26. Биоценологиялық зерттеулердің бағдарламасы мен әдістемесі. – М.: Ғылым, 1974. – 403 б.
27. Исаченко А.Г. Далалық ландшафттық зерттеулер және ландшафттық-экологиялық картографияландыру әдістері / А.Г. Исаченко. – СПб, 1998. – 112 б.
28. Қазіргі табиғатты пайдалану жағдайларындағы Қазақстан өсімдік жамылғысының трансформациясы: ҒЗЖ туралы есеп /басш. Огарь Н.П. – Алматы, 1997. – № ГРО 197 ҚР 0045. –257 б.
29. Аумақты жіті-маршруттық геоботаникалық зерттеу. ҚР БҒМ Ботаника және фитоинтродукция институты 1994г.
30. Султанова Б.М. Бұрынғы Семей полигоны аумағы ядролық жарылыстарды жүргізу орындарындағы өсімдіктердің антропогенді трансформациясы: биол. ғыл. канд. іздестіруге арналған диссертациясы / Султанова Б.М. – Алматы, 2000.

ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ «ДЕГЕЛЕН»

¹ Магашева Р.Ю., ² Султанова Б.М., ¹ Паницкий А.В.

**¹Институт радиационной безопасности и экологии НЯЦ РК,
Курчатов, Казахстан**

²Институт ботаники и фитоинтродукции МО РК, Алматы, Казахстан

В настоящей статье дана характеристика современного состояния почвенно-растительного покрова низкогогорного массива Дегелен, который подвергался значительным разрушениям и радиационному загрязнению в период проведения подземных ядерных испытаний на Семипалатинском полигоне. Выявлены особенности взаимосвязи различных компонентов экосистемы «почвы-растения» и составлена на этой основе схематическая карта почвенно-растительных комплексов. Определены степень техногенных нарушений отдельных компонентов и представлены первичные наблюдения за их восстановлением. Определены основные факторы, определяющие процесс восстановления, и сделаны прогнозные разработки.

Ключевые слова: Семипалатинский испытательный полигон (СИП), площадка «Дегелен», ядерные испытания, почвенно-растительные экосистемы.

DESCRIPTION OF SOIL-PLANT COVER ON "DEGELEN" SITE

¹Magasheva R.YU., ²Sultanova B.M., ¹Panitskiy A.V.

¹Institute of Radiation Safety and Ecology NNC RK, Kurchatov, Kazakhstan

²Institute of Botany and Phytointroduction MES RK, Almaty, Kazakhstan

The paper characterizes the current state of land cover of Degelen low-mountain massif who suffered considerable damage and radioactive contamination in the period of underground nuclear tests at the Semipalatinsk Test Site. The features of the interaction of different components of the ecosystem «soil-plant» have been revealed and on this basis a schematic map of soil-plant systems has been plotted. The degree of anthropogenic disturbances of individual components has been determined and primary monitoring results of their recovery are presented. The main factors that define the recovery process have been identified and prognosticative developments have been made.

Keywords: Semipalatinsk Test Site (STS), "Degelen" site, nuclear tests, soil-plant ecosystem.

УДК 575: 581.5:546.11.02.3

ӨСІМДІКТЕРДІҢ МОРФО-АНАТОМИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ЦИТОГЕНЕТИКАЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІНЕ ТРИТИЙДІҢ ӘСЕР ЕТУІН ЗЕРТТЕУ

**Минкенова Қ.С., Янкаускас А.Б., Кәрімбаева Қ.С., Мамырбаева А.Н.,
Ларионова Н.В.**

***ҚР ҰАО Радиациялық қауіпсіздік және экология институты, Курчатов,
Қазақстан***

Өсімдіктердің морфо-анатомиялық және цитогенетикалық құрылымына ^3H әсер ету мүмкіндігін зерттеу үшін, ^3H құрамы жоғары топырақасты суларының жүктемеленген аумағында өсіп жатқан өсімдік ағзаларын зерттеу жұмыстары жүргізілді. Зерттеліп жатқан өсімдік түрлерінің морфо-анатомиялық және цитогенетикалық көрсеткіштері зерттелді. Өсімдіктердің морфо-анатомиялық және цитогенетикалық құрылымына ^3H әсер етуі бағаланды. Зерттеулер барысында, аталған тәжірибеде шоғырлануды зерттеуде өсімдіктердің морфологиялық және цитогенетикалық құрылымына ^3H әсер етуі анықталған жоқ.

Кілт сөздер: ССП, морфо-анатомиялық және цитогенетикалық құрылым, ^3H , өсімдіктер.

КІРІСПЕ

Ионды сәуле шығарулардың әсер етуінің заңдылығы жоғары дозаларда молекулалық, жасушалық, ағзалық деңгейде өте жақсы зерттелген [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Ионды сәуле шығарудың төмен дозаларының өсімдіктер мен жануарлардың табиғи қауымдастығына созылмалы әсер етуін зерттеу, бұл мәселенің маңыздылығына қарамастан толықтай дәрежеде зерттелмеген. Бұл табиғи жағдайларда тәжірибелерді қоюдың әдістемелік қиындығымен түсіндіріледі, қолайлы, генетикалық жақсы зерттелген нысанды іздестіру қажеттілігімен және қоршаған ортаның қарапайым экологиялық факторларының кешенді әсер етуінде төмен дозалы радиацияның әсер етуін есептеу қиындығына байланысты.

Өсімдік түрлеріне төмен дозалы радиацияның әсерін зерттеу бойынша жұмыстар ССП әсер ету аймағында Алтай өлкесінің аумағында жүргізілген болатын (РФА ОБ Цитология және генетика институты), сонымен қатар ЧАЭС 30-километрлік аймағының шегінде (РФА УрБ Коми ғылыми орталығының биология институты, Украина ҰҒА Жасушалық биология және генетикалық инженерия институты) жүргізілді. Зерттеудің барлық жағдайында осы жерде өсетін өсімдіктердің бәрінде мутацияланудың өзгештігінің жоғары деңгейі анықталды [7, 8, 9, 10].

Радиобиологияда көзқарастардың заманауи жүйесінің болжамы бойынша, радиоактивтілік аясының жоғары деңгейінің әсерін бұзатын тек зақымдаушы әсер ғана. Сонымен қатар, төмен дозалы радиацияның оң әсері бары танымал нәрсе: биологиялық үдерістерді ынталандыру: өсімталдық, дамушылық, өміршендік, өскелеңдік, айығушылық және т.б. [11, 12]. Радионуклидтермен ластанған аумақта өсіп жатқан жабайы өсетін өсімдіктердің қауымдастығында бейімделгіштік өзгерістер орын алуда, олар

таза ластанбаған топырақтарда өсіп жатқан өсімдік түрлерінің сол түрлердің қауыпсыздығымен салыстырғанда жоғары түрдегі радиотөзімділігімен ерекшеленеді [13, 15, 16].

Бұрынғы Семей сынақ полигонының (ССП) аумағында қазіргі уақытқа дейін радиоактивті ластануы жоғары деңгейдегі жергілікті ластанған телімдер бар. Бұдан бұрын өткізілген зерттеулерден, бұндай аумақтардағы өсімдіктердегі жасанды радионуклидтердің құрамы бірнеше ондаған мәннен жүздеген Бк/кг-ға дейін жететіні анықталды. ССП аумағында өсіп жатқан өсімдіктердің морфо-анатомиялық және цитогенетикалық зерттеулері бұдан бұрын жүргізілген емес, алайда жекеше түрде және басқа зерттеушілермен жүргізілген болатын.

ССП аумағына радиациялық аяның жоғары болуы себепті анықталғаны, қарағайдың ағашындағы ауытқулар трахеидтардың орналасу тәртібіне байланысты көрсетілген, олар қарағайға тән құбылыс емес [17].

Зерттеу деректері бойынша [18] анықталғаны, кейбір өсімдік түрлерінде сабақтың ұзындығы, жапырақтарының ені мен ұзындығы өзгергені байқалды.

Белгілі болған жайттан, *Spireae hypericifolia* L өсімдіктерінің жерасты және жерүсті бөліктерінде радионуклидтердің құрамы бойынша спектрометриялық және радиохимиялық талдамалау бойынша алынған деректерінен, сонымен қатар γ – сәуле шығарудың эквивалентті дозасы түрлі мәндегі өсімдіктер іріктеліп алынған жерлерде, Атом көлінің солтүстік-шығыс жағалауындағы ауданда және 1301 ұңғымасының ластануы жоғары телімде радионуклидтердің тиесілі белсенділігі жоғары екені анықталды, бұл жағдай өсімдіктің анатомиялық құрылымына да әсер етті: жапырақта – өткізгіш шоғырдың, палисадтық паренхима қабатының ұлғайғаны байқалады; сабақтың – перидермасы қабатының ұлғайғаны, радиалдық сәулелердің қабатының ұлғайғаны, ксилемді тамырлардың аумағының ұлғайғаны байқалады; тамырында – перидерма қабатының ұлғайғаны, радиалды сәуле қабатының, ксилемді тамырлардың қабатының ұлғайғаны байқалады [19].

Жұмыстарда [20] көрсетілгені, «Балапан» алаңының аумағында өсіп жатқан еркекшөптің қауыпсыздығының тамырларында анатомиялық өзгерістер анықталды, атап айтқанда алғашқы қабығының қабаты қалыңдаған, эндодерма қабаты ұлғайған және ксилема тамырының аумағы кеңейген.

Анықталғаны, *Stipa sareptana* ұзақ уақыт бойы сәуле шығару әсерінен мутациялық өзгергіштігі: радионуклидтермен ластанған телімдерде хромосомды абберацияларымен анафазды жасушалар жиілігі шамамен $6,51 \pm 0,90\%$ – $8,02 \pm 1,50\%$ құрайды, ал бақылаудағы нұсқада $1,20 \pm 0,60\%$ тең [21].

Жіңішке шисабак мөлдір жапырақтың меристемдік жасушалардағы хромосомды абберациялар жиілігі ядролық сынақтардың эпицентры «Тәжірибе даласында» бақылаудағы деңгейден жоғары болды [22].

Бұл жұмыстар, өсімдіктердің геномдарына негізгі дозакұраушы радионуклидтердің әсер етуіне байланысты болатын, алайда жасушалардың генетикалық аппаратының өзгеруіне тритийдің әсер етуіне қатысты жұмыстар бұдан бұрын жүргізілген емес.

Жұмыстар бойынша, өсімдіктердің морфо-анатомиялық және цитогенетикалық көрсеткіштеріне радиоактивті ластанудың әсер етуін кешенді бағалау ұсынылады және Семей полигонының табиғи жағдайында өсіп жатқан өсімдіктердің морфо-анатомиялық және цитогенетикалық бұзылудың байланыстылығын зерттеу нәтижелері келтірі-

леді, олар β , γ -сәуле шығару дозасынан, сонымен қатар өсімдіктерден алынған ішкі сіңірілген доза бағаланады.

Семей сынақ полигонының (ССП) мәселелерінің бірі болып табиғи аймақтардың ^3H ластануы болып табылады. «Дегелең» алаңынан тыс тритийдің топырақасты сулармен едәуір арақашықтыққа таралуы анықталды. Шаған өз. топырақасты және беткі суларымен қатар, табиғи ортаның құрауыштарындағы (өсімдіктегі, атмосфералық және топырақ ауасындағы) тритийдің жоғары құрамы телімдер анықталды. «Атом көлінен» 4,7 км-де беткі сулардағы ^3H шоғырлануы $4 \cdot 10^5$ Бк/л құрайды, бұл ауызсуға арналған рауалы деңгейден 50 есеге жоғары. Сонымен бірге жағалау аймағында өсіп тұрған өсімдіктердің еркін суындағы ^3H құрамы $2 \cdot 10^5$ Бк/кг-ға жетеді. Әдістер жиынтығының көмегімен, оның ішінде гидрогеологиялық, гидрологиялық және геофизикалық әдістерді қоса алғанда «Балапан» алаңының жерасты ластанған суларының жүкте-мелеуімен Шаған өз. суларының ^3H ластануы анықталды [23]. Ұзақмерзімді болашақта тритий радиациялық ахуалдың дамуына көп әсер ететін болады.

Зерттеудің негізгі **мақсаты**, Шаған өз. жағалауы бойындағы өсімдіктер мен суға ^3H әсер етуі мүмкін аймақта өсіп жатқан өсімдіктердің морфо-анатомиялық және цитогенетикалық құрылымына ^3H әсер етуін зерттеу болып табылады.

Зерттеу **нысандары** ретінде жалтырақ ши (*Achnatherum splendens*) және жіңішке қияқ (*Elymus angustus* Trin.) өсімдік-фреатофиттері таңдап алынды.

Алға қойылған мақсатты іске асыру үшін, өсімдіктердің сындағы ^3H құрамын анықтау жұмыстары жүргізілді, өсімдікте тұтылған ішкі сіңірілген доза есептелді, өсімдіктердің морфологиялық-анатомиялық және цитогенетикалық құрылымы зерттелді.

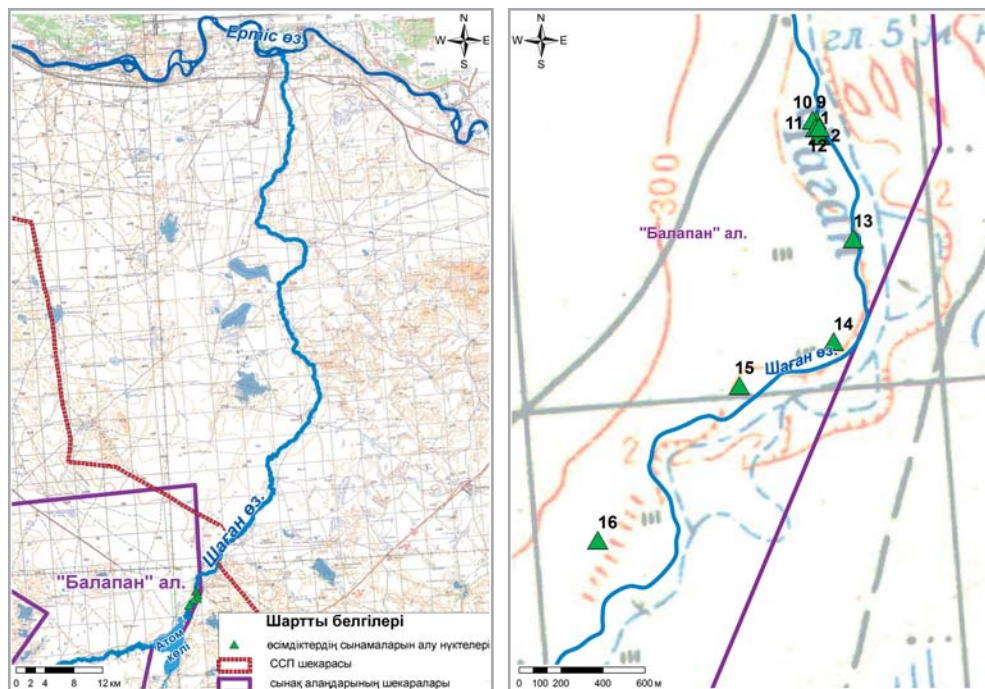
1. ТӘЖІРИБЕЛІК БӨЛІГІ

1.1. Далалық жұмыстарды жүргізу

Жұмыстар жаз бойы, суындағы ^3H құрамы жоғары Шаған өз. телімдерінің бірінде, беткі және арнаасты суларында жүргізіліді. Барлығы 10 зерттеу алаңқайы Шаған өз. қоймасында салынды, олардың арақашықтығы 40-тан 1000 м-ге дейінгі аралықта құбылды. Зерттеу телімінің жалпы ұзындығы шамамен 2,5 км құрады (1-сурет).

Әрбір алаңда мүмкіндігінше (қаулап өсуіне байланысты) 2 өсімдік сынамасынан алынды: жалтырақ ши (*Achnatherum splendens*) және жіңішке қияқ (*Elymus angustus*).

Жалтырақ ши (*Achnatherum splendens*) – Дәнді дақылдар (Gramineae) тұқымдастығына жатады, қос жарнақтылар класы. Ірішымқабатты көпжылдық дақылдың биіктігі 250 см-ге дейін, қысқа тамырлы берік тамырлары бар. Сабақтары көгілжім, қатты, тегіс. Жапырақтарының жиегі қайрылған, ені 3 – 5 мм сирек жайпақ, қатқыл. Сіпсебасы жіңішке, ұзындығы 15-тен 50 см-ге дейін, тығыз, шағын. Дәндері жалпақ, ашық- сұр, салбыраған, ұзындығы 4-5 мм. Мамыр-шілде айларында гүлдейді. Құрғақ далаларда кеңінен таралған, кей-кейде ақ сортаңдармен, өзендердің, көлдердің жағаларымен тұщытылады, тұщы немесе аздап тұзды топырақасты сулар жақын жатқан (тереңдігі екі метрден кем емес) жерлерде қаулап өсіп қалың ну тоғай құрайды. Олар өсетін топырақ әртүрлі, үлкен тұздылықты көтере алады.



1-Сурет. Шаған өз. зерттеу алаңқайларының орналасу сұлбасы

Жіңішке қияқ (*Elymus angustus* Trin.) Көпжылдық дәнді дақыл биіктігі 100 см-ге дейін, тамырлары қысқа. Сабағы тұқыл және жылтыр, тек масағы астында кедір-бұдыр. Жапырақтары қатты, көгілжім-жасыл, ені 7 мм-ге дейін, тұқыл, үсті және жиектері кедір-бұдыр. Масағы тік, желілі, ұзындығы 10-25 см, ені 4-10 мм, қылқаны қысқа-қысылған-қылшықты. Маусым айынан шілде айы аралығында гүлдейді. Құрғақ далаларда, таулардың төменгі белдігіндегі бөктерінде және дөңдерде кеңінен таралған. Шөптің өнімділігі 20-30 ц/га дейін мүмкін. Шөп масактану басталғанға дейін ауылшаруашылық малдарының барлық түрлерімен жақсы желінеді. Құрамында протеиннің үлкен пайызы бар. Жайылымдардағы жапырақтар мен сабақтар да масактанғанға дейін қанағаттанарлық түрде желініп кетеді, ал балғын тұқымдардың пісуіне байланысты масақтар да желінеді. Құрғаққа төзімді және өнімді дәнді дақыл ретінде, жіңішке қияқ дақылдарын енгізу үшін үлкен қызығушылық тудырады. Бүкіл Қазақстан бойынша кездестіруге болады [24].

1. 2. Сынамадайындау және аналитикалық жұмыстар

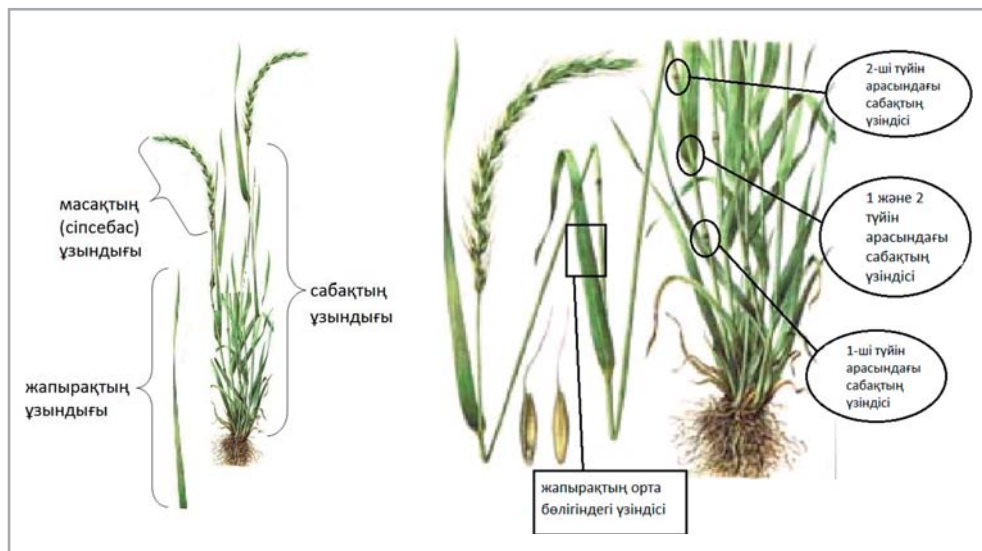
1.2.1. Е³Н судан тиритийді анықтау

Өсімдіктер буландыратын, ылғалды жинауға арналған ыдыс және суытылатын беткі қабатпен жабдықталған, өсімдік сынамаларын жүктемелеуге арналған герметикті ыдыс түріндегі арнайы қондырғының көмегімен конденсаттан алынатын өсімдіктердің ерітіндісіндегі ³H құрамы анықталды.

^3H құрамының белсенділігін өлшеу үшін үлгілерді дайындау жұмысы аттестатталған әдістемеге сәйкес жүргізілді [25]. Көлемі 5 мл үлгілер мәзірі 5:15 болатын (үлгінің арақатынасы – сцинтиллятор) сцинтилляционды коктейль стандартты геометрияға орналастырылды (пластик айырдың көлемі 20 мл). Ұсынылған сынамаларды талдамалау үшін *Ultima Gold LLT* коктейлі пайдаланылды, ол арнайы түрде табиғи үлгілерден ^3H өлшеу үшін әзірленді (^3H үшін тіркеу тиімділігі арналған диапазон 0–18 КэВ ретпен 45-50%). Өңделген сынамлардағы ^3H көлемдік белсенділігін анықтау үшін TriCarb2900TR сұйықсцинтилляционды спектрометр қолданылды. ^3H анықтау үшін энергия ауқымы 0-ден 15 кэВ дейінгі аралықта берілді. Әрбір үлгіні өлшеу уақыты шамамен 120 минут құрады [26].

1.2.2. Өсімдік үлгілерін морфо-анатомиялық зерттеу

Морфологиялық зерттеулер үшін өсімдіктердің ұзындығы орташа жерасты бөліктері іріктеліп алынды (2-сурет).



2-Сурет. Анатомиялық зерттеулер үшін өсімдіктердің вегетативті мүшелерін іріктеп алу сұлбасы мен морфологиялық көрсеткіштерін өлшеу

Анатомиялық зерттеулер үшін әрбір өсімдіктердің мүшелерінің бөлшектері іріктеліп алынды: I-желі аралығындағы сабағы 2 см, 3 см (I мен II-желі аралығындағы сабақтың бөлігі), II-желі аралығындағы сабағы 4 см, жапырақтың орта бөлігі (1-сурет, сол жақта). Әрбір өсімдіктің үлгілері көлемі 20 мл болатын шыны банкаларға салынды, және бекітуші бальзам құйылды, ол тең пропорцияда спирт: глицерин: дистилденген суды, материалды нақты бекіту алдында араластыру жолымен жасалды.

1.2.3. Өсімдік үлгілерін цитогенетикалық зерттеу

Цитогенетикалық зерттеулер үшін әрбір өсімдіктен тұқымдар іріктеліп алынды. Жиналып алынған тұқымдар алдын ала камералды өңдеуден өткізілді (тазалау, сұрып-

тау, стратификация және т.б.). Тұқымдар жеңіл-құрғақ күйге дейін жеткізіліп, көлемі, қалыпы және түсі бойынша калибрленді, керексіз қоқыстан тазаланды, өсімдіктің түрлеріне байланысты сұрыпталды, сонымен қатар стратификациялаудан өткізілді.

Цитогенетикалық зерттеулер барысында, шөптесін өсімдіктердің негізгі түрлерінің жарып келе жатқан тұқымдарының апикалды тамыр меристемаларындағы хромосомды абберрациялар жиілігінің талдамасы жүргізілді. Талдамалау барысында, көпіршелер, бөлшектер, қалдық хромосомалар және т.б. секілді ауытқулар ескерілді.

Зертханалық зерттеулер барысында, өсімдіктердің жарып келе жатқан тұқымдарының меристемді тамырларының бірінші митозындағы хромосомаларды цитогенетикалық талдамалаудан өткізу әдістемесін басшылыққа алды [27].

Дайындау жұмыстарынан кейін (тазалау, сұрыптау және басқ.) өсімдіктердің жеңіл-құрғақ тұқымдары 50-100 данадан ылғалды сүзгілеу қағазына Петри табақшасында салынды және термостатта өсірілді. Техникалық шарттарға сәйкес, өсімдіктердің зерттеліп жатқан түрлері үшін өсірудің әртүрлі мерзімі (тәулікпен) және температуралық режимдер қабылданды.

Ұзындығы 5-10 мм меристемді тамырлар пайда болғаннан кейін, жасушалар алғашқы бөлінуде (митоз) болған жағдайда, тамыршаларды бекіту жұмысы жүргізілді. Бекіту үшін Кларк бекіткіші пайдаланылды (3:1).

Жаншылған препараттарды дайындау үшін өсімдік ұлпаларын мацерациялау жұмыстары жүргізілді, одан кейін тамыршалар бояғышқа салынды. Өсімдік жамылғысын бояғыш ретінде арнайы дайындалған ацетокармин немесе орсеин пайдаланылды. Тамыршалары тәулік бойында жабық шыны бюкстарда бояуда боялды.

Боялған тамыршалар тұрмыстық шыныға орналастырылды, ұштары кесілді (2-3 мм қалдырылды), сірке қышқылының 45% ерітіндісінің тамшысы қосылды, жамылғы шынымен жабылды және нысан тамыршаның жасушалары бір қабат бойында таралатындай етіп басып жаншылды. Препараттар дайындау реті бойынша оларды бақылаудан өткізіліп, уақытша препараттардан тұрақты уақытқа өткізілді, бұл сұйық азотты пайдалану жолымен жүзеге асты. Цитогенетикалық талдамалау, объективті х 100 (майлы иммерсия) ұлғайту барысында Аxioskop 20 микроскопын қолдана отырып жүргізілді.

Анықтау препараттарында ана-телофазды жасушалардың жалпы саны мен қайта құрыла алатын ана-телофазды жасушалар анықталды. Абберанттық жасушалар пайызы (М) төмендегі формулалар бойынша анықталды:

$$M = \frac{\sum A \times 100}{N}, \quad (1)$$

бұл жерде: $\sum A$ – қайта құрыла алатын ана-телофазды жасушалар жиынтығы;

N – зерттелген ана-телофаздардың жалпы саны.

B – түрінің әрбір абберрациясының үлесі барлық абберрацияларының жалпы санынан, D – анықталған түрінің абберрациялар санына бөлініп, C абберрацияларының жалпы саны бойынша белгіленді.

$$B = \frac{D}{C} \quad (2)$$

2. НӘТИЖЕЛЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ТАЛҚЫЛАУ

2.1. Өсімдіктің еркін суындағы тритийдің құрамы

Зерттеліп жатқан телімдерден іріктеліп алынған өсімдіктердің еркін суындағы ^3H құрамы бойынша деректер 1-кестеде келтірілген.

1-кесте.

Өсімдіктің еркін суындағы ^3H құрамы

Зерттелген алаңның нөмірі	Іріктелген түрі	Далалық радиометрия			Н-3 тиесілі бесленділігі, кБк/кг	Сіңірілген доза (мГр/с)
		Бета	Гамма h=0 см	Гамма h=1м		
		бөлш/мин*см²	мкЗв/сағ			
1	ши	<10	0,07	0,07	35±3	2,2x10 ⁻¹⁴
2	ши	<10	0,14	0,11	35±3	2,2x10 ⁻¹⁴
	қияқ	<10	0,14	0,11	40±4	2,5x10 ⁻¹⁴
9	ши	<10	0,10	0,09	95±9	6,0x10 ⁻¹⁴
10	қияқ	<10	0,18	0,11	100±10	6,3x10 ⁻¹⁴
11	қияқ	<10	0,07	0,16	100±10	6,3x10 ⁻¹⁴
12	ши	<10	0,08	0,09	45±4	2,8x10 ⁻¹⁴
13	ши	<10	0,15	0,15	1,5±0,1	9,4x10 ⁻¹⁶
	қияқ	<10	0,15	0,15	1,5±0,1	9,4x10 ⁻¹⁶
14	ши	<10	0,18	0,21	1,5±0,1	9,4x10 ⁻¹⁶
	қияқ	<10	0,18	0,21	1±0,1	6,3x10 ⁻¹⁶
15	ши	<10	0,25	0,16	1,5±0,1	9,4x10 ⁻¹⁶
	қияқ	<10	0,25	0,16	2±0,2	1,3x10 ⁻¹⁵
16	ши	<10	0,20	0,16	3±0,3	1,9x10 ⁻¹⁵

Ескерту:

Шиге арналған max	Қияққа арналған max	Шиге арналған min	Қияққа арналған min
-------------------	---------------------	-------------------	---------------------

2.2.1. Бета сәуле шығарушы радионуклидтерден ішкі сәулелену дозасын бағалау

Ішкі дозаны есептеу формуласы төмендегідей келтірілген:

$$D = \frac{q \cdot f \cdot E \cdot 1.6 \cdot 10^{-13}}{m}, \quad (3)$$

бұл жерде: D – альфа-бета сәуле шығарудан жасушаға сіңірілген доза;

q – мүшедегі белсенділік;

f – сәуле шығарудың кванттық бөлінісі (^3H бета – сәуле шығару үшін кванттық бөліну 100 % тең);

E – сәуле шығару энергиясы, орташа бета – сәуле шығару үшін (^3H – 5 кэВ);

m – мүшенің салмағы [28].

Сіңірілген доза өсімдік үлгілерінен алынған, тек қана еркін судағы және өсімдіктердің вегетациялық кезеңін есепке ала отырып есептелген.

Ши үшін тиесілі белсенділік диапазоны 1,5-тен 95 кБк/кг-ға дейінгі, ал қияқ үшін 1 – 100 кБк/кг-ға дейінгі мәнді құрады. Жалтырақ шидің жерасты бөлігіндегі салмағы үшін сіңірілген доза $9,4 \times 10^{-16}$ мГр/с мен $6,0 \times 10^{-14}$ мГр/с дейінгі мәнді құрады, қияқтың жерасты бөлігіндегі салмағы үшін сіңірілген доза $6,3 \times 10^{-16}$ мГр/с мен $6,3 \times 10^{-14}$ мГр/с дейінгі мәнді құрады. Сонымен қатар далалық радиометрия көрсеткіштері аялық деңгейде орын алған ($\beta < 10$, γ_0 0,07-0,25мкЗв/сағ, γ_1 0,07-0,21 мкЗв/сағ).

Екі өсімдіктің де еркін суындағы тритийдің тиесілі белсенділігі біркелкі.

2.2. Жалтырақ шидің (*Achnatherum splendens*) және жіңішке қияқтың (*Elymus angustus*) сабақтары мен жапырақ тақтайшаларындағы морфологиялық көрсеткіштер

Төмендегі 2-кестеде ³Н түрлі деңгейде ластану барысындағы өсімдіктердің морфологиялық көрсеткіштері берілген.

2-кесте.

Жалтырақ ши (*Achnatherum splendens*) мен Жіңішке қияқ (*Elymus angustus*) өсімдіктерінің ³Н түрлі деңгейіндегі тиесілі белсенділігінің морфологиялық көрсеткіштері

Зерттеліп жатқан алаңшаның нөмірі	Сабақтың ұзындығы, см		Масақтың ұзындығы (сіпсебас), см		Өсімдіктің биіктігі, см	
	Тәжірибелік деректер	Әдеби деректер	Тәжірибелік деректер	Әдеби деректер	Тәжірибелік деректер	Әдеби деректер
Жалтырақ ши, (n=4)						
9	165±17	200-235	32±4	15-50	197±19	200-250
2	165±15		35±4		200±30	
1	190±28		35±5		225±31	
12	180±27		38±6		218±30	
13	175±17		30±3		205±22	
14	210±30		37±4		247±32	
15	200±20		35±5		235±28	
16	180±23		50±7		230±30	
Жіңішке қияқ, (n=4)						
10	73±10	50-100	20±3	10-25	93±10	60-100
2	85±11		15±2		100±10	
11	105±16		20±2		125±10	
13	109±14		17±2		126±15	
14	93±9		17±3		110±15	
15	85±9		15±2		100±15	
Ескерту: морфологиялық зерттеулердегі дәлсіздік 10-нан 15%-ға дейін.						
< 3 кБк/кг		35 – 45 кБк/кг		95 – 100 кБк/кг		

Кестеде морфологиялық өлшеулердің деректері көрсетілген. Зерттеліп жатқан өсімдіктердің үлгілерінде ³Н түрлі шоғырлануы әртүрлі түстермен бөлінген. Зерттеліп жатқан көрсеткіштердің көбі үшін диапазон мәнінен ауытқулары жайлы деректер әдеби көздерден анықталған жоқ.

Жалтырақ ши (*Achnatherum splendens*). ^3H максималды құрамы (95 кБк/кг) нүктелердегі өсімдіктердің биіктігі 197 см жетеді, ^3H минималды құрамы орын алған нүктелерде (1,5 – 3,0 кБк/кг) 229,2 см жетеді, әдеби деректер бойынша 200-250 см диапозондағы биіктік норма болып табылады [29]. Сіпсебастың орташа биіктігі зерттеліп жатқан аумақтың барлық нүктелерінде 36,5 см құрады, әдеби деректер бойынша – сіпсебастың ұзындығы 10-15 см диапозонда құбылады [30]. Аталған жағдайда, сіпсебастың көлемі әдеби деректерде берілетін көлемге сай.

Жіңішке қияқ (*Elymus angustus*). Жіңішке қияқ өсімдігінің орташа биіктігі ^3H максималды құрамы орын алған нүктелерде (100 кБк/кг) 109 см-ді құрады, минималды құрамы орын алған нүктелердегі құрамы (орташа мәні 1,5 кБк/кг) 112 см-ді құрады, әдеби деректер бойынша – 60 – 100 см қалыпты болып табылады. Бұл жерде нормадан ауытқу сәл ғана. Масақтың ұзындығы бұл нүктелерде (100 кБк/кг) 20 см, 1,5 кБк/кг – 16,3 см-ді құрады, әдеби деректер бойынша масақтың ұзындығы 10 – 25 см диапозонда құбылады, бұл мөлшер де мүшелердің көлеміне ^3H әсері жайлы куәлік ете алмайды.

Алынған деректерді ала отырып әдеби деректермен салыстырсақ ^3H ластанған телімдерде өсіп жатқан өсімдіктердің морфологиялық өзгерісіне ^3H еш әсерін тигізбейтінін байқауға болады. Алайда, бұдан кейінгі зерттеулерде, өсімдіктердің жасын (себебі бұл түр көпжылдық болып табылады), жарықтандырылуын, топырақтың ылғалдылығын және т.б. секілді қосымша факторларды ескеру қажет. Аталған тәжірибе бойынша ^3H радионуклидінің есебінен өсімдіктердің каналуы жайлы қандай да бір сөз айту әлі ертерек.

2.3. Жалтырақ ши (*Achnatherum splendens*) мен жіңішке қияқтың (*Elymus angustus*) сабақтары мен жапырақ тақтайшаларындағы анатомиялық көрсеткіштері

Бекітуші бальзамға салынған үлгілерден микроскоппен тікелей зерттеуге арналған микропрепараттар алынды. Қиықтар микротомның көмегімен алынды. Сырғымалы микротомның мұздатқыш құрылғысына орналасқан жапырақтың, сабақтың бөлшектері, микротомның әрбір қозғалысының алдында берілген биіктікке (қиықтың қалыңдығына байланысты) автоматты түрде көтеріліп отырды. Өсімдік үлгісіндегі қиықтың қалыңдығы өсімдіктердің және талшықтардың қаттылығына байланысты болды. Орташа алғанда, сабақтың қиығының қалыңдығы 30 микрометрді құрады, жапырақтары 30-60 микрометрді құрады. Қиық еппен пышақтан тұрмыстық шыныға тамшуыр мен дистилденген судың көмегімен шайылады, судың қалдықтары қағазбен алынады және ол глицеринмен алмастырылады. Беткі бөлігіне жамылғы шыны салынады [31].

Алынған микропрепарат камерасы бар Micros MC 300 микроскоптың көмегімен зерттелді. Әрбір препарат 4, 10, 20, 40 және 100x ұлғайту барысында зерттелді. Vision Cam V500/21 М камерасының көмегімен қажетті микропрепараттардың суреттері жасалды.

Төмендегі 3-кестеде, ^3H ластанған телімде өсіп жатқан өсімдіктердің жеке мүшелері мен жасушалары бойынша орташаландырылған деректері ұсынылды.

**Жалтырақ ши (*Achnatherum splendens*)
мен Жіңішке қияқ (*Elymus angustus*) өсімдіктерінің мүшелері
мен жасушаларының анатомиялық көрсеткіштері**

Зерт- теліп жатқан алаң- ның нөмірі	Жапырақ тақтайшасының анатомиялық деректері				Сабақтың анатомиялық деректері			
	Төменгі эпидер- мистің қалыңды- ғы, мкм	Жоғарғы эпидер- мистің қалыңды- ғы, мкм	Мезо- филдің қалыңды- ғы, (*10 ³) мкм	Өткізгіш шоғыр- дың ала- ңы, (*10 ³) мкм ²	Сабақтың диаметрі, (*10 ³) мкм	Эпидер- маның қалың- дығы, мкм	Склерен- химаның қалыңды- ғы, (*10 ³) мкм	Паренхима- дағы өткізгіш шоғырдың аумағы, (*10 ³) мкм ²
Ши								
9	23	14	0,40	29	1,9	11	0,19	10
12	18	11	0,46	27	2,6	9	0,24	19
1	17	11	0,56	35	2,7	13	0,22	18
13	21	14	0,56	31	3,5	12	0,43	24
14	18	10	0,46	31	2,5	11	0,34	16
15	18	10	0,53	39	3,2	10	0,28	15
16	19	11	0,49	34	2,9	8	0,40	28
Кияқ								
10	29	22	0,43	26	2,6	27	0,21	11
11	26	15	0,50	33	1,7	9	0,14	14
2	33	20	0,45	29	2,9	26	0,19	13
13	28	20	0,46	26	1,5	12	0,11	13
14	35	20	0,44	34	2,2	25	0,19	11
15	27	22	0,39	29	2,7	26	0,24	12
Ескерту: дәлсіздігі 30% кем емес мәнді құрады.								

Кестеде екі түрге де қатысты анатомиялық параметрлер мәні келтірілді. Тәжіри-
белік алаңның әрбір зерттеліп жатқан параметрлері үшін өлшемдер мөлшері шамамен
20 тең мәнде келтірілген.

Ши үшін абаксиалды және адаксиалды эпидермистің орташа қалыңдығы
19,2 мкм және 11,5 мкм құрады, кияқ үшін 29,6 және 19,6 мкм құрады. Төменгі және
жоғарғы эпидерманың жасушалары құрылым бойынша біркелкі, алайда, жалтырақ
шиге байланысты жағдайда жоғарғы эпидерма әркілкі қылшықпен жабылған. Жо-
ғарғы жақтан эпидерманы жабатын қылшықтар, жасушалардың және ұлпалардың
қабырғаларын қатты қыздырылудан және осылайша, құрғақшылық жағдайларында
транспирацияланудың төмендеуінен қорғайды. Алайда, жіңішке кияқтың адаксиалды
эпидермасы микроқылшықтардан ада, бірақ зерттеліп жатқан екі түрдің де өсу жағда-
йы ұқсас. Көптеген өсімдіктерде қылшықтардың болуы міндетті жағдай болып табы-
лады, олардың дамуының алғашқы сатысында орын алуы жайлы деректер бар, алайда
олар өсу процесі барысында құрап қалады [32]. Бұл зерттеліп жатқан түрдің түр-тұ-
қымдық ерекшеліктерімен байланысты, сонымен қатар жапырақ тақтайшасының
аумағына байланысты болады, жапырақ алаңшасының аумағы азырақ болған сайын
одан бөлінетін ылғалдың мөлшері де төмен болады. Сонымен қатар, жалтырақ ши-
мен салыстырғанда, жіңішке кияқтың жапырақ тақтайшасының аумағының кішігірім
болғанына қарамастан абаксиалды эпидерманың қалыңдығы – 29,6 мкм, адаксиалды

эпидерма қалыңдығы – 19,6 мкм құрады. Жапырақ тақтайшасының кішігірім алаңының булануынан және жұқа мезофилді қабаттан төмен жасушаларды аса қорғау жайлы деректерден, қияқтың мезофилінің орташа қалыңдығы $4,5 \times 10^2$ мкм құрайды, ал ши үшін $5,0 \times 10^2$ мкм құрайтынын көрсетеді. Біртекті мезофилл, типі фестукоидты, дөңгелек және сопақ жасушалардан тұрады. Мезофилдің қалыңдығы өткізгіш шоғырлар аумағында да, мезофилдің қалыңдығы минималды деген «көпіршелерде» де өлшенді.

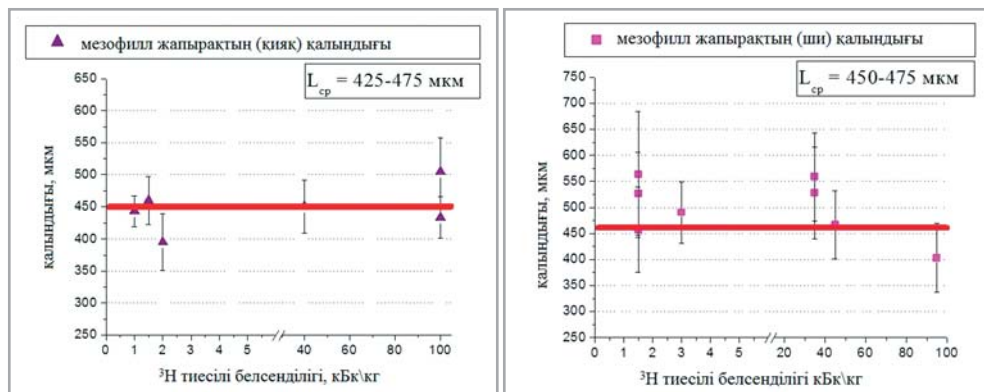
Жапырақ тақтайшаларының өткізгіш жүйесі шоғырлар, немесе желілер түрінде келтірілді. Зерттеліп жатқан түрлер үшін қатар желілену тән, шидің жапырақ тақтайшасында ірі деген бірнеше (2-3) өткізгіш шоғырлардың ұсақтау шоғырлармен кезектесуі орын алады; қияқ үшін ірі және ұсақ шоғырлардың кезектесуі тән нәрсе (бір ірі шоғыр бір ұсақ шоғырмен кезектеседі). Өзінің құрылымы бойынша жапырақтың өткізгіш шоғырлары сабақтың өткізгіш шоғырларымен ұқсас, алайда, жапырақтардағы аумағы, сабақтың аумағына қарағанда көбірек. Өткізгіш шоғырдың аумағына периметрі бойынша шоғыр өткізетін эндодерма да енеді. Шидің жапырақтарындағы өткізгіш шоғырдың орташа аумағы шамамен – $3,2 \times 10^4$ мкм² құрайды, ал қияқ үшін – $2,9 \times 10^4$ мкм² құрайды.

Шидің эпидермиялық орташа қабаты 10,5 мкм құрайды, қияқта – қалыңдығы 20,9 мкм қалыңырақ, бұл жасушалардың үлкен қорғанысы жайлы хабардар етеді. Эпидерма астында субэпидермалды склеренхима сақинашасы орналасқан, оған хлоренхима астаушалары мен ұсақ өткізгіш шоғырлар орналастырылған. Аталған жағдайда, жалтырақ шидің таңдап алынған бөлігі жапырақ қынабымен қоршалған, осыған байланысты хлоренхима мөлшері өте аз. Және керісінше жіңішке қияқ жағдайында – хлоренхима сыртқы жақтан склеренхимды сақинаның көп бөлігін толтырады, бұл сабақтың ашық бөлігі жайлы хабардар етеді. Хлоренхима сабағының ашық бөліктерін склеренхиманың барлық сыртқы кеңістігі жабады. Шидің жапырақ қынабының жоқ болуы сабақ телімдеріндегі қуатты бекіткіш жүйемен есесі қайтарылады. Шидің склеренхимасының қалыңдығы $3,0 \times 10^2$ мкм құрады, қияқта – $1,8 \times 10^2$ мкм құрады, бұл өсімдік бойымен төменбойлылықтың орын алуымен сабақтың қаттылығының төмен мәнін шарттайды.

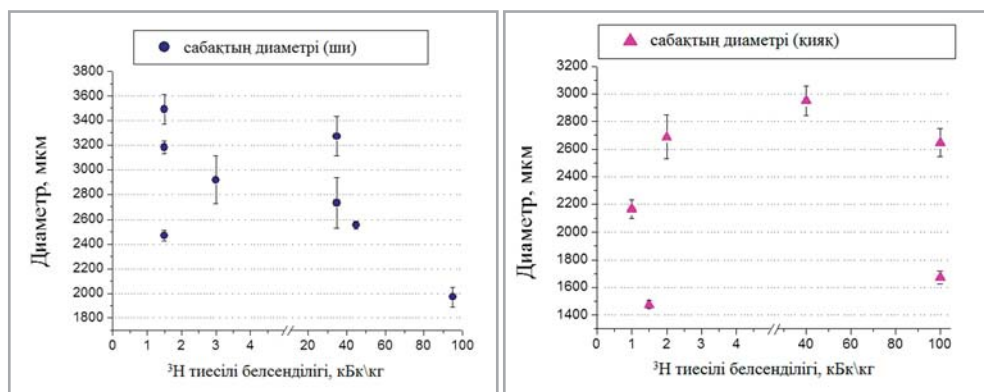
Сабақтың шоғырлары коллатералды типтес. Шоғырдың төменгі және жоғарғы жағындағы склеренхимді қоршауы бар, немесе бүкіл периметр бойымен орын алған. Сабақтың өткізгіш шоғырлары шамамен 3 қатар – шиде, 2 қатар – қияқта орналасқан. Периферияға жақын орналасқан қатардың өткізгіш шоғырлардың өте төмен аумағын алған. Шоғырдың аумағын өлшеу үшін, паренхима мен склеренхима шекарасында және паренхимада орналған 2 және 3 қатарлар орналастырылды. Шидің сабағының өткізгіш шоғырдың орташа аумағы $1,9 \times 10^4$ мкм, қияқта – $1,2 \times 10^4$ мкм құрады.

Кейбір зерттеліп жатқан параметрлер үшін, аталған өсімдік түрлерінде қандай да бір байланыстылықтың жоқ екені байқалады, бұл жапырақтар мезофилі үлгісінде берілген. Барлық өзгерістер дәлсіздік деңгейінде орын алған. Біздің аймаққа тән зерттеліп жатқан түрлердің жасушалары бойынша деректердің болмауы себепті, біз жалтырақ ши мен жіңішке қияқтың жапырақтарының мезофиліндегі орташа қалыңдықты анықтадық. Жіңішке қияқ үшін ол шамамен $(4,3-4,5) \times 10^2$ мкм, ал жалтырақ ши үшін – $(4,5-4,8) \times 10^2$ мкм құрады (3-сурет).

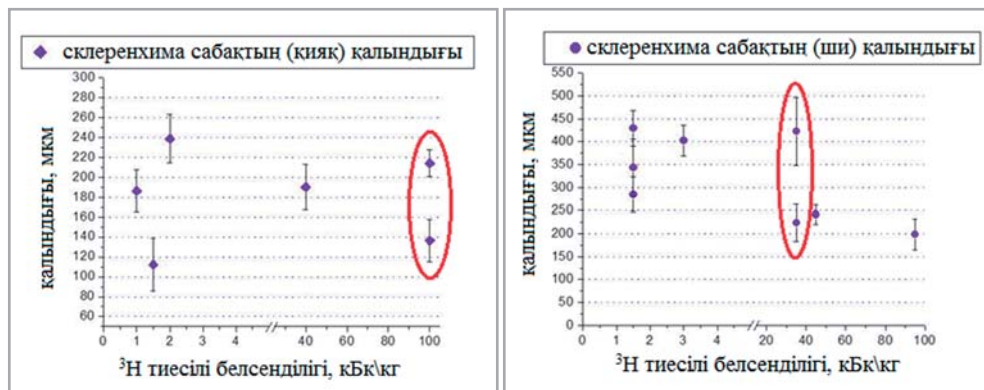
³H максималды шоғырлануы барысында жалтырақ ши үшін сабақтың диаметрінің кішірейгені байқалды (4-сурет).



3-Сурет. Жіңішке қияк (*Elymus angustus*) (сол жақта) пен жалтырақ шидің (*Achnatherum splendens*) (оң жақта) жапырағының мезофилл қалыңдығы



4-Сурет. Жалтырақ ши (*Achnatherum splendens*) (сол жақта) мен жіңішке қияқтың (*Elymus angustus*) (оң жақта) сабағының диаметрі



5-Сурет. Жіңішке қияк (*Elymus angustus*) (сол жақта) пен жалтырақ шидің (*Achnatherum splendens*) (оң жақта) сабақтарының склеренхимасының қалыңдығы

Кестелерде, өсімдіктердегі ТБ жоғары болған жағдайдағы жалтырақ шидің сабақтарының диаметрінің қалыңдығындағы анық өзгерістер көрсетілген. ^3H максималды шоғырлануы барысында сабақтардың диаметрінің кішірейгені байқалады. Алайда, екінші жағдайда – жіңішке қияқ үшін сабақтың диаметрінің кішірейгені жайлы айтуға әлі келмейді. Себебі ТБ жоғары болған жағдайда сабақтардың диаметрінің мәні төмен болуы жайлы деректер бар, ал ТБ төмен болған жағдайда да олар байқалған.

100 кБк/кг шамамен 1 мГр/өсімдіктің вегетациялық кезеңіне сәйкес.

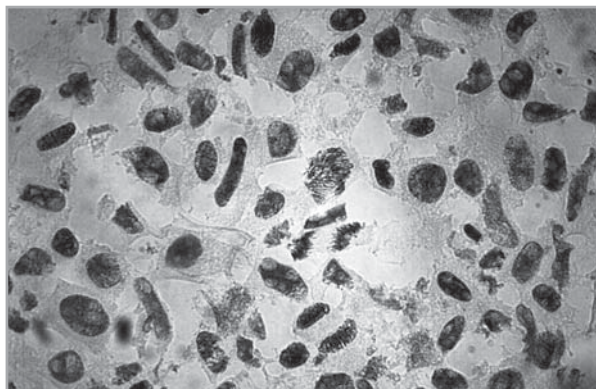
Тиесілі белсенділік біркелкі болған жағдайда және олар дәлсіздік деңгейінде орын алмаған жағдайда сабақтың склеренхимасының қаландығының шамасында «қайшылықтар» болуы мүмкін.

^3H құрамы біркелкі болған жағдайда және олар дәлсіздік деңгейінде орын алмаған жағдайда шамалардың «қайшылықтары» болуы мүмкін. Қияқ үшін 100 кБк/кг ТБ барысында сабақтың склеренхимасының қалыңдығы $1,2 \times 10^2$ бастап $1,6 \times 10^2$ мкм дейінгі және $2,0 \times 10^2$ бастап $2,3 \times 10^2$ мкм дейінгі диапазонда байқалады. Ши үшін 35 кБк/кг ТБ барысында сабақтың склеренхимасының қалыңдығы $1,8 \times 10^2$ бастап $2,6 \times 10^2$ мкм дейінгі, және $3,5 \times 10^2$ бастап $5,0 \times 10^2$ мкм дейінгі мәнде байқалады (5-сурет).

2.4. Жалтырақ шидің (*Achnatherum splendens*) және жіңішке қияқтың (*Elymus angustus*) тұқымдарының өскіндерінің меристемды тамыршаларындағы цитогенетикалық көрсеткіштер

2.4.1. Аберрациялар типі

Митоз бір-бірін бірінен кейін бірі ауыстыратын төрт сатылармен: профаз, метафаза, анафаза, телофазамен сипатталады (6-сурет).



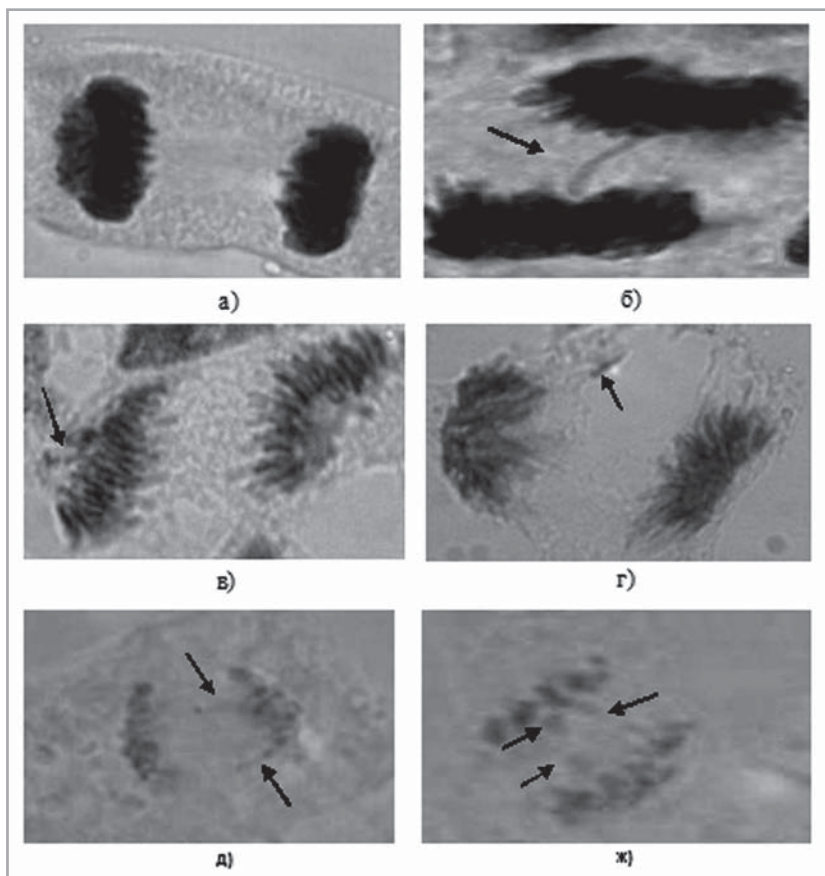
6-Сурет. Жіңішке қияқтың (*Elymus angustus*) тұқымдарының меристемді тамыршаларының жасушаларындағы митоз.

Ескерту: Ұлғақ



Тамырлы меристеманың барлық жасушаларынан хромосомды аберрациялар спекторын және жиілігін бағалау үшін ана-телофазалы қалыпты ағымы және осы сатылардың қалыпты ағымдағы түрлі бұзылуы орын алған жасушалары ескерілді.

Төмендегі 7-суретте, зерттеліп жатқан өсімдік түрлерінің митозының ауытқулары көрсетілген.



7-Сурет. «Балапан» алаңының түрлі телімінен алынған жіңішке қияқ (*Elymus angustus*) пен жалтырақ шидің (*Achnatherum splendens*) (үлг. 100х10) митозының ауытқулары

- Жіңішке қияқ (а, б, в, г) пен жалтырақ ши (д, ж): а) хромосомалары қалыпты; б) аберрация көпір түрінде; в) аберрация хромосомалардың алға шығулары түрінде; г) аберрация хромосомалардың кешеуілдеуі түрінде; д) аберрация екі еселі көпір түрінде; ж) аберрация бір еселік көпір және екі еселік бөлшек түрінде

Ескерту: Ұл  0 х.

2.4.2. Аберрантты жасушалар жиілігі

Жалтырақ ши мен жіңішке қияқтың тұқымдарындағы митоздағы аберрантты торшалардың жиілігін зерттеу нәтижелері төмендегі 4-кестеде келтірілген. Зерттелген түрлердің митозының ауытқуын цитогентикалық талдамалау барысында аберрацияның келесі түрлері анықталды: бір еселік және екі еселік хромосомды және хроматидтік көпірлер, бөлшектер және басқа да күрделі сипаттағы бұзылулар: екі еселік және көп еселі хромосомалардың алға шығуы және хромосомалардың кешеуілдеуі.

4-кесте.

Жалтырақ ши (*Achnatherum splendens*) мен Жінішке қияқтың (*Elymus angustus*) тұқымдарының митозындағы аберантты жасушалардың жиілігі

Өсімдіктің атауы	ЭН ТБ, кБк/кг	Қаралды және зерттелді				Түрлі типтегі аберациялар мөлшері						Түрлі типтегі аберациялардың қатысты жиілігі						Аберанттық жасушалар жиілігі %
		Тамыршалар мөлшері	Ана-телофаза-лар мөлшері	Аберанттық жасушалар	Аберация-лардың жиі-лігі мөлшері	көпірлер		бөлшек-тер		g	s	көпірлер		бөлшек-тер	g	s		
						м'	м''	f'	f''			м'	м''				f'	
Жалтырақ ши (Achnatherum splendens)	3	38	338	3	3	1	1	0	0	1	0	0,3	0,3	0,0	0,0	0,3	0,0	0,9±0,5
	1,5	41	364	2	2	2	0	0	0	0	0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5±0,3
	1,5	26	279	2	2	1	0	1	0	0	0	0,5	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,7±0,5
	1,5	19	186	2	2	1	0	0	0	1	0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	1,0±0,7
	3,5	23	142	3	3	2	0	1	0	0	0	0,7	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	2,0±1,2
	3,5	37	270	5	6	3	1	0	1	1	0	0,5	0,2	0,0	0,2	0,2	0,0	1,9±0,8
	4,5	49	286	4	4	1	1	2	0	0	0	0,3	0,3	0,5	0,0	0,0	0,0	1,4±0,7
	9,5	45	300	6	6	3	0	3	0	0	0	0,5	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	2,0±0,8
	2	50	929	8	8	3	3	1	0	0	1	0,4	0,4	0,1	0,0	0,0	0,1	0,9±0,3
	1	39	574	4	4	2	2	0	0	0	0	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7±0,3
Жінішке қияқ (Elymus angustus)	1,5	59	638	5	5	3	1	0	0	1	0	0,6	0,2	0,0	0,0	0,2	0,0	0,8±0,4
	40	57	1130	9	11	6	1	2	0	0	2	0,5	0,1	0,2	0,0	0,0	0,2	0,8±0,3
	100	40	693	7	8	3	2	0	1	2	0	0,4	0,3	0,0	0,1	0,3	0,0	1,0±0,4
	100	37	608	9	9	4	2	1	0	2	0	0,4	0,2	0,1	0,0	0,2	0,0	1,3±0,5

Ескерту: ТБ – тиесілі беленділік.

f^I және f^{II} – бір еселік және екі еселік бөлшектер;

m^I және m^{II} – бір еселік және екі еселік көпірлер;

g – хромосомалардың кешеуілдеуі;

s – алға шыққан хромосома.

Жалтырақ ши (*Achnatherum splendens*). Келтірілген 4-кестеден көрініп тұрғандай, жалтырақ шидегі хромосомды аберрациялар көп мөлшері тритийді жинақтау барысында байқалады, ол 35-95 (кБк/кг) мәнінде, хромосомды бұзылулар жиілігі 2,0% мәнді құрайды. Барлық нүктелердегі жасушалар аберрациясынан бір еселік және екі еселік көпірлер, бөлшектер және хромосомалардың кешеуілдеуі анықталды. Барлығы жалтырақ шидің 278 тамыршасы зерттелді, зерттелген ана-телефазалы жасушалар мөлшері 2165 санын құрады, олардың ішінде аберрантты ана-телефазалы жасушалар мөлшері 27 санына жетті. Барлық зерттелген тәжірибелік телімдерде бір еселік көпірлер анықталды. Бұл жерде, біздің зерттелген жалтырақ шидің бөлшектерінде тритийдің шоғырлануы 1,5, 35, 35, 45, 95 кБк/кг-ны құрады. Жалтырақ шидегі тритийдің шоғырлануы 3, 1,5 және 35 кбк/кг болған жағдайда, іріктеліп алынған өсімдіктерде бөліну айналысындағы хромосомалардың кешеуілдеуі анық байқалады. Жалтырақ шидегі тритийдің шоғырлануы барысында жалтырақ шидегі 3, 35 және 45 кбк/кг мәніндегі екі еселік көпір анықталды. Екі еселік көпірлердің үлесі 0,3; 0,2 және 0,3 құрайды. Осы өсімдіктің екі еселі бөлшегі тритийдің шоғырлануы барысында 35 кбк/кг мәнінде анықталды. Екі еселік бөлшектің үлесі 0,2 құрады.

Жіңішке қияқ (*Elymus angustus*). Бұл кестеден көрініп тұрғандай, жіңішке қияқтың хромосомды бұзылулардың жиілік пайызы мен мөлшері көбірек екені тритийдің 40-100 кБк/кг мәні жинақталуы барысында байқалды. Қияқта аберрацияның келесі типтері анықталды, олар хромосомалардың алға шығулары мен кешеуілдеуі секілді, бір еселік және екі еселік көпірлер, бөлшектер мен басқа да қиын сипаттағы бұзылулар (екі еселік және көптеген алға шығулар).

Барлығы жіңішке қияқтың тұқымдарының 282 тамыршасы зерттелді, зерттелген ана-телефазалы жасушалардың мөлшері 4572 санын құрады, олардың ішінде аберрантты ана-телефазалы жасушалар мөлшері 42 санын құрады.

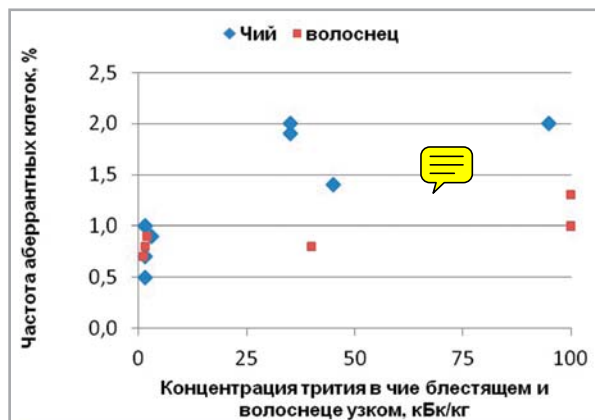
Жіңішке қияқтың хромосомаларының кешеуілдеуі тритийдің шоғырлануы барысында 1,5, 100, 100 кБк/кг-ны құрады, бұл жасушалық бөлінудің бұзылуы жайлы нақтылайды. Жіңішке қияқтың популяциясында хромосомалардың екі еселік алға шығулары тритийдің шоғырлануы барысында 2 кБк/кг құрағаны байқалады, ал тритийдің шоғырлануы 40 кБк/кг болған жағдайда хромосомалардың көптеген алға шығулары, гендік ауытқуға алып келеді, және ол айналу бөлігінің бұзылуына байланысты (хромосомалардың алға шығулары мен кешеуілдеуі), химиялық мутагенезге тән [33]. Барлық зерттелген нүктелердегі жіңішке қияқта екі еселі көпір анықталды (4-кесте). Екі еселі көпірдің үлсеі 0,1-ден 0,5 дейінгі мәнді құрады. Жіңішке қияқта тритийдің шоғырлануы барысында 100 кбк/кг екі еселі бөлшек анықталды. Екі еселі бөлшектің үлесі 0,1-ді құрады.

Таңдап алынған өсімдіктердің цитогентикалық бұзылу спекторын талдамалаудан байқалғаны, хромосомды аберрация түрінде де, хроматидті тип түрінде де кездесетінін көрсетті. Аберрациялардың хроматидті типі барлық зерттелген нүктелерден алынған жалтырақ шидің құрамында кездесті. Аберрациялардың хромосомды типінің жалтырақ шидегі тритийде шоғырлануы 3, 35 және 45 кбк/кг мәнінде орын алған.

Төмендегі суретте (8-сурет), өсімдіктің еркін суында тритийдің жинақталуынан өсімдіктерде аберрантты жасушалардың жиілігінің шығуына байланысты зерттеу нәтижелері келтірілген. Кестенің көлденең өзегінде еркін судағы тритийдің мәні көр-

сетілген, ал тігінен көрсетілген өзегінде – зерттеліп жатқан өсімдіктердің аберрантты жасушаларының жиілігі көрсетілген.

Жалтырақ шиі (*Achnatherum splendens*). Жалтырақ шидің еркін суындағы тритийдің шоғырлану мәні 1,5 бастап 95 кБк/кг дейінгі шекте құбылатынын алынған талдамалардан байқауға болады. Жоғарыдағы 8-суретте, жалтырақ шиде тритийдің шоғырлануы барысында 35 (кБк/кг), аберрантты жасушалар жиілігі 2,0% құрады, дәл осындай көрсеткіш тритий 95 (кБк/кг) жинақтау барысында да байқалады, бұл өсімдіктің мүшесіне, үлкен деңгейі бар тритийдің болуымен еш байланысы жоқ басқа да ластанудың түрлерінің әсер етумен байланысты болуы мүмкін.



8-Сурет. Жіңішке қияқ (*Elymus angustus*) пен жалтырақ шидің (*Achnatherum splendens*) өскіндерінің тамыршаларындағы аберрантты торшалардың жиілігі

Жіңішке қияқ (*Elymus angustus*). Жіңішке қияқтың еркін суындағы тритийдің шоғырлану мәні 1-ден 100 кБк/кг дейінгі мәнде құбылады. Жіңішке қияқтағы аберрантты жасушалардың жиілігі 0,7 бастап 1,3% дейінгі шекте құбылады. Жалтырақ шиді жіңішке қияқпен салыстыру барысында, тритийді жинақтау бойынша бұл түрлер еш ерекшелінбейді, алайда хромосомды аберрациялар жиілігі бойынша, жалтырақ шиде айрықша көрінеді.

Осылайша, жалтырақ шидің тамыр меристемасында аберрациялардың хроматидті типі цитогенетикалық бұзылулар спекторына негізгі үлесті қосады (75%). Сонымен қатар, аберрациялардың хроматидті типі цитогенетикалық бұзылулар спекторына және жіңішке қияқтың тұқымдарының өскіндеріне де негізгі үлесті қосады (55%).

Зерттелген екі өсімдік түрінің де құрылымдық мутациялануының басым типіне – хроматидті аберрациялар жатады, олар химиялық ластаушы ортаның әсер ету мүмкіндігі жайлы куәдер етеді. Төменгі үлес – радиациялық әсер ету маркерінің хромосомды аберрациялар жатады [22, 34, 35]. Хромосомалардың бұндай құрылымдық бұзылуларының көрінісі радиациялық әсермен қатар, химиялық ластауыштың әсерімен де байланысты болуы мүмкін.

ҚОРЫТЫНДЫ:

1. Морфологиялық деңгейде статистикалық маңызды өзгерістер жалтырақ шиде және жіңішке қияқта тритийдің шоғырлануының диапазонын зерттеуде анықталған жоқ.
2. Жеке бір жағдайларда анатомиялық деңгейде жапырақ мезофилінің қандай да бір өзгерістері байқалған жоқ. Қияқ үшін жапырақ мезофилінің орташа қалыңдығы $-(4,3 - 4,5) \times 10^2$ мкм құрады, ал ши үшін $-(4,5 - 4,8) \times 10^2$ мкм құрады. Өсімдіктердің еркін суындағы ^3H максималды шоғырлануы барысындағы болмашы дозаларға (еркін судағы және өсімдіктің вегетациялық кезеңін ескере отырып есептелген) карамастан, жалтырақ шидегі сабақтың диаметрінің төмендегені байқалады. Осыған байланысты, аталған деректі тексеру, сонымен қатар өсімдіктердің басқа да параметрлерін зерттеудің қажеттілігі туындайды. Өсімдіктердегі құрамындағы ^3H біркелкі болған жағдайда екі түрдің де сабақтарының склеренхимасындағы зерттеу көрсеткіштерінің көлемдері төмен де, жоғары да көрсеткіштері байқалады, бұл Шаған өз. аумағында қосымша факторлардың орын алғанын байқатады, олар ^3H радионуклидінің құрамына қарағанда, өсімдіктердің анатомиялық құрылымына одан да күшті әсер етуі мүмкін.
3. Цитогенетикалық деңгейде хромосомды типтегі аберрациялар – екі еселік көпірлер және екі еселік бөлшектер, хроматидтік типтегі – бір еселік көпірлер, бір еселік бөлшектер, митотикалық ауытқулар – хромосомалардың алға шығуы және кешеуілдеуі анықталды. Зерттеліп жатқан өсімдік түрлерінде тритийдің тиесілі белсенділігінің деңгейінен хромосомды аберрациялардың шығуына байланысты, тритийдің шоғырлануы бекітілген шекте анықталған жоқ. «Балапан» алаңының зерттеліп жатқан телімдерінде өсіп жатқан өсімдіктер – жіңішке қияқ (*Leymus angustus*) пен жалтырақ ши (*Achnatherum splendens*) геномына, көпфакторлы әсер етуде – өз әсерін тек тритий ғана емес, сонымен қатар басқа да дозақұраушы радионуклидтер, және ауыр металдар мен басқа да факторлар әсерін тигізуі мүмкін деген болжам бар.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. Кузин А.М. Атмосферадағы шоғырланудың жоғарылауының биологиялық зардаптары / А.М. Кузин // Радиациялық генетика. – М.: КСРО ҒА, 1962. – 274-278.
2. Дубинин Н.П. Түрдің генетикалық құрылымы және оның эволюциясы / Н.П. Дубинин, Д.Д. Ромашов // Биол. журн. – 1938.- № I. – Б. 5-6.
3. Дубинин Н.П. Молекулярлық генетика және сәуле шығарудың тұқым қуалаушылыққа әсері / Н.П. Дубинин. – М.: Атомбасылым, 1963. – 240 б.
4. Корогодина В.И. Жасушалардың сәулеленумен зақымдануындағы пloidтық факторының рөлі және сәулеленудің кейбір генетикалық әсерлері / Н.П. Дубинин // Еңб. МОИП. – 1963. № 8. – Б. 181-188.
5. Корогодина В.И. Радиациядан кейінгі қалпына келу мәселелері / В.И. Корогодина. – М.: Атомбасылым, 1966. – 228 б.

6. Лучник Н.В. Жасушалық деңгейде радиациялық зақымдаулардан кейін қалпына келтіру механизмі жайлы / Н.В. Лучник, Н.А. Порядкова, Л.С. Царапкин, Н.В. Тимофеев-Ресовский // Радиациялық зақымдаулар барысындағы қалпына келтіру процестері. – М.: Атомбасылым, 1964. – Б. 5-14.
7. Шығыс-Уралдық радиоактивті ізде өсіп жатқан өсімдіктердің популяциясындағы цитогенетикалық әсерлер / В.А. Кальченко, В.И. Абрамов, А.В. Рубанович, Л.Н. Костина // Радиациялық биология. Радиоэкология. – 2002. – Т. 42. – № 6. – Б. 745 – 749.
8. Позолотина В.Н. Шығыс-Уралдық радиоактивті із аймағындағы өсімдіктердің созылмалы сәулеленуінің болар болмас зардаптары / В.Н. Позолотина, И.В. Молчанова, Е.Н. Короваева, А.М. Сергеев, Н.В. Куликов // Радиобиология. – Т. 32. – 6-Шығ. – М.: Ғылым, – 1992. – Б. 771 – 918.
9. Абрамов В.И. Чернобыль апаты аймағында өсіп жатқан өсімдіктердің популяциясына генетикалық әсерлер / В.И. Абрамов, А.В. Рубанович, В.А. Шевченко, В.В. Шевченко, Л.И. Гриних // Радиациялық биология. Радиоэкология. – 2006. – Т. 46. – № 3. – Б. 259 – 267.
10. Гриних Л.И. 30-километрлік аймақтағы CRENISTECTOR және Миз тұқымдарының өскіндеріндегі тамырлы меристемасында алғашқы екі митозды талдамалау көмегімен анықталған, созылмалы сәулеленудің цитогенетикалық әсері. Чернобыль АЭС апаттар / Л.И. Гриних, В.В. Шевченко // Радиобиология. – Т. 30. – 6-Шығ. – М.: Ғылым, 1992. – Б. 723 – 727.
11. Митрофанов Ю.А. Индуцирленген мутациялық процесс эукариот / Ю.А. Митрофанов, Г.С. Олимпиаенко. – М.: Ғылым, 1980. – 264 б.
12. Тимофеева-Ресовская Е.А. ⁶⁰Со γ- сәулесінің түрлі дозаларының балдыршөп пен элодеяға әсері / Е.А. Тимофеева-Ресовская, Н.В. Тимофеев-Ресовский // Ионды сәуле шығарудың тұқым қуалаушылыққа әсері. – М.: Ғылым, 1966. – 253 б.
13. Абрамов В.И. Ионды сәуле шығарудың популяцияға созылмалы әсер етуінің генетикалық зардаптары / В.И. Абрамов // Радиациялық мутагенез және оның эволюция мен селекциядағы рөлі. – М.: Ғылым, 1987. – 83 б.
14. Абрамов В.И. Өсімдіктердің табиғи популяциясына созылмалы сәулеленудің әсері. Биологиялық ғылым кандидаты ғылыми дәрежесіне талаптанушының авторефераты / В.И. Абрамов. – М., 1985.
15. Раушенбах Ю.О. Жоғары табиғи радиация аясына жануарлардың бейімделуін зерттеу / Ю.А. Раушенбах, О.А. Монастырский // Ионды сәуле шығарудың тұқым қуалаушылыққа әсері. – М.: Ғылым, 1966. – Б. 165.
16. Шевченко В.А. Шығыс-Уралдық радиоактивті іздегі генетикалық зерттеулер / В.А. Шевченко, В.И. Абрамов, В.Л. Печуренков // Оңтүстік Уралдағы радиоактивті ластанудың экологиялық зардаптары. – М.: Ғылым, 1993. – Б. 258.
17. Коровин В.В. Радионуклидтермен ластанған ормандардағы ағаштардың сапасы / В.В. Коровин, А.Н. Чилимов // Ғыл. сес. үйлест. кең. матер. жин. Рес. заманауи мәсел. Ағаштану. – Йошкар – ола, 1996. – Б. 18 – 20.

18. Айдарханова Г.С. Дегелең таулы массивінің табиғи ортасына жерасты ядролық сынақтарының әсерін экологиялық бағалау: канд. дисс. талапт. автореф. / Айдарханова Г.С. – Алматы, 1998. – 25 б.
19. Айдосова С.С., Мухитдинов Н.М., Ахтаева Н.З., Кадырова Н.Ж., Артемьев О.И. SPIREAE HYPERICIFOLIA L морфо-анатомиялық құрылымына радиациялық сәуле шығарудың әсері // ҚР ҰЯО Жаршысы. – 2004. – 1-Шығ. – Б. 29 – 35.
20. Ахтаева Н.З. Семей полигоны аймағындағы өсімдіктер тамырларының анатомиялық құрылысы ерекшеліктері: автореферат / Ахтаева Н.З. – Алматы, 2005. – Б. 10 – 17.
21. Семей сынақ полигоны аумағының радиоактивті ластануынан өсімдіктер мен жануарлардың табиғи популяциясына генетикалық зардаптар: ХҒТО К–759 жобасы бойынша үшінші жылға есебі (жылдық) / ҚР ҰЯО РҚЭИ; жетекш. Лукашенко С.Н. – Курчатов: ҚР ҰЯО РҚЭИ, 2010. – 177 б.
22. Мозолин Е.М. Семей сынақ полигоны аумағындағы *Koeleria gracilis* Pers популяциясындағы цитогенетикалық әсерлер: б.ғ.к. ғыл. дәр. талапт. автореф.: 03.00.01 / Мозолин Евгений Михайлович. – Обнинск, 2009. – 25 б.
23. Семей сынақ полигоны. Қазіргі ахуалы: ғылыми танымал басылым / ред-ған Лукашенко С.Н., – Павлодар: Баспа Үйі, 2008. – 40 б.
24. Қазақстанның өсімдіктерінің суретті анықтағышы. – Т. I. – Алма-Ата: КСРО ҚҒА «Ғылым», 1969. – 643 б.
25. Судың сапасы – тритийдің белсенділігін анықтау, аталған шоғырлануға сәйкес – сцинтилляционды есептеудің сұйықтық әдісі. Халықаралық стандарт ISO 9698/1989 – Кіріспе. 1989-12-01. – Мәскеу: ФТӨҚАБО, 1990. – 17 б.
26. Қазақстанның радиоэкологиясының өзекті мәселелері [2007 – 2009 жж. Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының еңбектер жинағы] / жетекш. Лукашенко С.Н. – 2-Шығ. – Павлодар: Баспа Үйі, 2010. – 527 б. – ISBN 978-601-7112-32-5.
27. Паушева З.В. Өсімдіктер цитологиясы бойынша жаттығу / З.В. Паушева. – М.: Колос, 1980. – 225 б.
28. Моисеев А.А. Дозиметрия мен радиациялық гигиена бойынша анықтама-лық / А.А.Моисеев, В.И.Иванов. – Мәскеу: Энергоатомбасылым, 1984. – 292 б.
29. Прозорова Т.А. Қазақстанның азықтық өсімдіктері / Т.А. Прозорова, И.Б. Черных. – Павлодар, 2004. – 278 б.
30. Лотова Л.И. Жоғары өсімдіктердің морфологиясы мен анатомиясы / Л.И. Лотова. – М.: Эдиториал УРСС, 2001. – 528 б.
31. «Заманауи жабдықтар негізіндегі микротехникалық зерттеулер» Мемл. Кәсіби білім беру мекемесі. – Екатеринбург: А.М. Горький ат. УМУ, 2008.
32. Прозорова Т.А. Корм  растения Казахстана / Т.А. Прозорова, И.Б. Черных. – Павлодар, 2004. – 278 б.
33. Гундерина Л.С. *Chironomus thummi* гамма-сәуле шығарудың және митотикалық жасушалардағы хромосомды аберрациялардың генетикалық зардаптары / Л.С. Гундерина // Генетика. – 1997. – № 6. – Б.769-775.

34. Бочков Н.П. Соматикалық жасушалардағы хромосомды аберрацияларды есепке алудың әдістері мен жіктелмеуі / Н.П. Бочков, Ю.С. Демин, Н.В. Лучник // Генетика. – 1972. – Т. 8. – №5. – Б.133-141.
35. Севанькаев А.В. Радиацияның төменгі дозасы аумағындағы цитогенетикалық әсерлерді мөлшерлік бағалау мәселесінің қазіргі ахуалы / А.В. Севанькаев // Радиобиология. – 1991. – Т.31. – 4-Шығ. – Б.600-605.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТРИТИЯ НА МОРФО-АНАТОМИЧЕСКИЕ И ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАСТЕНИЙ

**Минкенова К.С., Янкаускас А.Б., Каримбаева К.С.,
Мамырбаева А.Н., Ларионова Н.В.**

Институт радиационной безопасности и экологии ҚР ҰЯО, Курчатов, Казахстан

Для изучения возможного влияния ^3H на морфо-анатомическую и цитогенетическую структуру растений, были проведены исследования растительных организмов, произрастающих в зоне разгрузки грунтовых вод с высоким содержанием ^3H . Изучены морфо-анатомические и цитогенетические показатели исследуемых видов растений. Произведена оценка влияния ^3H на морфо-анатомическую и цитогенетическую структуру растений. В процессе исследований не выявлено влияние ^3H на морфологическую и цитогенетическую структуру растений при исследуемых концентрациях в данном эксперименте.

Ключевые слова: СИП, морфо-анатомическая и цитогенетическая структура, ^3H , растения.

EFFECT OF TRITIUM ON PLANTS MORPHO-ANATOMICAL AND CYTOGENETIC INDICATORS

**K.S. Minkanova, A.B. Yankauskas, K.S. Karimbaeva, A.N.
Mamyrbayeva, N.V. Larionova**

Institute of Radiation Safety and Ecology NNC RK, Kurchatov, Kazakhstan

In order to investigate ^3H effect on morpho-anatomical and cytogenetic indicators of plants structure, studies have been carried out on plants growing in ground water discharge zones with high ^3H concentrations. The morpho-anatomical and cytogenetic indicators of plants have been studied. Effect of tritium on plants morpho-anatomical and cytogenetic structures of the plants has been assessed. The experiment has not found ^3H effect on the morpho-anatomical and cytogenetic structures of the plants in the zone investigated.

Keywords: STS, morpho-anatomical and cytogenetic structure, ^3H , plants.

**БӨЛІМ: ССП-ҒЫ «РАДИАЦИЯЛЫҚ ЕМЕС»
ҚАУІПТІЛІК ФАКТОРЛАРЫ**

УДК 622.278: 577.4:504.064

ЖЯЖ ӨТКІЗІЛГЕН ЖЕРЛЕРДЕГІ ГАЗИФИКАЦИЯЛАУ ҮДЕРІСТЕРІНІҢ ӨТУІН ЗЕРТТЕУ

¹ Романенко В.В., ¹ Субботин С.Б., ² Чернова Л.В.

¹ ҚР ҰЯО Радиациялық қауіпсіздік және экология институты,
Курчатов, Қазақстан

² ҚР ҰЯО Атом энергиясы институты, Курчатов, Қазақстан

Аталған мақала, бұдан бұрын өткізілген зерттеулердің логикалық жалғасы болып табылады. Мақалада, «Балапан» және «Сары-Өзен» сынақ алаңдарының аумағындағы «әскери» ұңғымалардың сағалық алаңдарын зерттеу барысында алынған нәтижелері келтірілген. Метан, сутегі және көміртегі диоксиді ауытқымалы түрде шоғырланған қосымша ұңғымалар орналастырылды. Сонымен қатар, 1010 ұңғымасының аузынан шығып жатқан бірқатар газдардың шоғырлануының көпжылдық мониторингісінің нәтижелері келтірілген. Анықталып жатқан құрауыштар біртіндеп бөлініп жатқан газды қоспаның құрамында біртіндеп ұлғайып келе жатқаны анықталды, алайда газдың бөліну ағынының жылдамдығы өзгергені жайлы деректердің болмауы себепті жан-жақты тұжырымдар жасау мүмкіндігі жоқ. Қолданыстағы өлшеу жабдығына қатысты ұсыныстар мен қорытындылар жасалды.

Кілт сөздер: жерасты ядролық жарылыс, газдық ауытқулар, топырақ ауасы, газды мониторинг, «әскери» ұңғымалар.

КІРІСПЕ

Қазіргі уақытта тігінен өндіріс – бұрынғы Семей сынақ полигоны аумағындағы ұңғымаларда жүргізілген жерасты ядролық жарылыстардың (ЖЯЖ) қазандық қуыстарының ахуалы мен тұрақтылығы туралы сұрақ ашық болып қала береді. Ұзақ уақыттағы, тау жыныстарының қабаты астында жасырылған жылыстан кейінгі геологиялық процестер жылдан жылға қуыстардың күрт бұзылуы үшін жағдайларды біртіндеп қалыптастырады.

Әдебиетте 1990-2005 жж. зерттеу нәтижелеріне сәйкес бұрынғы КСРО мен АҚШ аумағында (көбінесе атомдық ведомстволарға байланысты емес) ЖЯЖ көптеген аймақтары зерттелгені туралы мәліметтер келтіріледі. Бұл зерттеулердің негізгі нәтижелерінің бірі ЖЯЖ аймақтары маңында жыл өткен сайын сөнбейтін жер қойнауларының жергілікті жер рельефінің көрінетіндей қайта өңделулері, баурайлық процестердің белсендірілуі, 4-5 дейінгі магнитудасы бар микросейсмалар мен жер сілкіністері, сондай-ақ геофизикалық өрістердің трансформациясы түріндегі геодинамикалық жылжуларды табу болып табылады. ЖЯЖ аймағы маңындағы жер қойнауларының геодинамикалық тұрақсыздығы әскери ядролық полигондарда да байқалған [1]. Қазіргі уақытта жалғасып жатқан, тек эпицентралды аймақтардың телімдеріне ғана емес, сол сияқты жақын аумақтарды да қамтитын тікелей жарылыстан кейінгі процестердің бар болуы туралы сағалды алаңдардың күндізгі жер беттерінің ахуалын бақылау нәтижелері, геофизикалық зерттеулер [2], газ бөліну фактілері [3] мен қуыстардың бұзылу жағдайлары (ұңғыма «Глубокая») дәлел болады.

Құрамында көмір бар материалдар бар болған кезде ЖЯЖ жүргізу нәтижесіндегі жоғары температуралар мен жерасты суларының бар болуы кезінде [3] сәйкес тау жыныстары құрылымының оттегінсіз бұзылу процесінің пайда болуы мүмкін. Мұндай процестердің бар болу белгілері «Балапан» және «Сары-Өзен» сынақ алаңдарының «әскери» ұңғымаларының сағаалды алаңдарында, жерасты жану өнімдері болып табылатын метан, көміртегінің диоксиды, топырақ ауасындағы сутегі сияқты газдардың жоғары шоғырлануы бар газдық ауытқулар түрінде орналасқан [2, 4, 5]. 2010 жылғы зерттеулердің нәтижелері бойынша анықталғандай [6] ұңғымаларының сағаалды алаңдарындағы газдық ауытқулар ұңғыманың ауызында ғана емес, сондай-ақ 200-300 метрге дейінгі қашықтықта да орналасуы мүмкін. Салыстырмалы талдама көрсеткендей, «әскери» ұңғымалардың сағаалды алаңдарының топырақ ауасындағы CO_2 , C_nH_m , H_2S , SO_2 шоғырлануы туралы деректер газдану процесінің динамикасын бағалауға мүмкіндік бермейді, ал газ шығару процестерінің динамикасын бақылау үшін топырақ ауасындағы метан мен сутегі шоғырлануының құбылмалығы туралы деректерді пайдалануға болады. 2011 жылы топырақ ауасындағы, сол сияқты 1010 ұңғымасының ауызынан шығатын газ ағынындағы метан мен сутегі шоғырлануының құбылмалығын зерттеу жалғасты. Топырақ ауасындағы газдарды өлшеу «Балапан» және «Сары-Өзен» алаңдарының «кәтерлі» ұңғымаларында жүргізілді.

Зерттеулердің басқа бөлігі алғашқы газдық зерттеулерді жүргізу кезінде ескерілмеген газ шығаратын ұңғымаларды анықтауға бағытталған. Зерттеулердің нәтижелері бойынша [3, 4, 7.] ұңғымалардың сағаалды алаңдарында уақыт бойынша кейбір газдардың шоғырлануының көп құбылмалығы байқалады. Кейбір кезеңдерде «газ шығаратын» ұңғымаларда газ бөліну байқалмайды немесе олар өте әлсіз байқалады. Бұрын анықталмаған қосымша ұңғымаларды анықтау үшін «Балапан» және «Сары-Өзен» сынақ алаңдары аумағындағы «әскери» ұңғымалардың барлық сағаалды алаңдарына қайталап зерттеу жүргізілді.

1. ТӘЖІРИБЕЛІК БӨЛІМ

1.1. Газдар сынамаларын іріктеп алу әдістемесі

Топырақ ауасы сынамаларын іріктеп алу үшін екі нүктеде (1010 ұңғымасында нүктелердің біреуі ұңғыманың тікелей ауызында орналасқан) орнатылған жинақтау ыдыстары (ауа сынамасын іріктеп алу үшін патрубкарлармен жабдықталған, көлемі 10 л болатын полиэтилен канистралар) пайдаланылды. Жинақтау ыдыстарын орнату нүктелерін таңдау кезінде ұңғыманың ауызына жақынырақ орналасқан, техногенді пайда болған рельефтің (сызаттар, терең қазан-шұңқырлар және т.с.) формаларының бұзылуы бар орындар басым деп есептелді. Сынамаларды іріктеп алу нүктелерінің алғашқы орналасуы мониторинг барысында өзгерген жоқ. Герметіктілікке ыдысты 5-7 см терең енгізіп, оның қабырғаларын жауып тұрған топырақты тығыздау арқылы қол жеткізілді. Газдардың диффузия процесі нәтижесінде топырақтан олар жинақтау ыдысына жинақталды.

Жинақтау ыдыстарының тұндырылу ұзақтығы бір тәуліктен кем болған жоқ. Тәулік өткен соң жинақтау ыдыстарынан газ қоспасының сынамаларын іріктеп алу

және талдау жүзеге асырылды. Газдардың жинақталу ұзақтығы суреттелген әдістемеге [3] сәйкес таңдап алынды.

Іріктеп алынған сынамаларда келесі газдардың: сутегі, метан, көміртегі оксиды, күкіртті ангидрид, күкіртті сутегі, көміртегі диоксиды, көміртегінің жиынтығы шоғырлануын анықтау бойынша талдау жүргізілді. Пайдаланылатын жабдықтың суреттемесі мен сипаттамасы келтірілген [8].

Топырақ ауасындағы газдар шоғырлануларының аялық мәндерін алу үшін сағаалды алаңдарынан көп алыстаған нүктелерде жинақтау ыдыстарын орнату жүргізілді. Бақылау нүктелері «әскери» ұңғымалардан 0,3-тен 37,3 км-ге дейінгі ара қашықтықтарда орналасқан (1-сурет). Сынамаларды іріктеп алу және талдау жоғарыда суреттелген әдіс бойынша жүргізілді.



1-сурет. Бақылау нүктелерінің орналасу схемасы

«Балапан» және «Сары-Өзен» сынақ алаңдарындағы «әскери» ұңғымалар сағаалды алаңдарының топырақ ауасын қайталап газдық зерттеу

Топырақ ауасы сынамаларын іріктеп алу «Балапан» сынақ алаңы 106 ұңғымасының сағаалды алаңдары аумағында және «Сары-Өзен» алаңының 28 нысанында жүргізілді. «Сары-Өзен» алаңында 24 «әскери» ұңғымадан басқа белгісіз сынақтар жүргізілген деген белгілері бар 4 нысанда сынамалар іріктеп алынды.

Мүмкіндігінше сынамалар алғашқы газдық зерттеу жүргізілген нүктелерде іріктеп алынды. Ұңғымалардың әр сағаалды алаңдарында жинақтау ыдыстары екі нүктеде орнатылған.

«Қатерлі» ұңғымалар сағаалды алаңдарының топырақ ауасындағы газдар шоғырлануының мониторингі

Бұрын жүргізілген жұмыстар нәтижелері бойынша анықталған «қатерлі» ұңғымалардың сағаалды алаңдарында өлшеулер жүргізілді. «Балапан» сынақ алаңы: ұңғымалар 1010, «Глубокая», 1315, 1317, 1236, «Сары-Өзен» алаңы: 110, 104 және 125 ұңғымалары. Мониторинг 3 мамырдан бастап 19 қыркүйекке дейінгі кезеңде жүргізілді. Ауа сынамаларын іріктеп алу арасындағы аралық орташа алғанда 30 күнді құрайды. Бақылаулардың жалпы кезеңі 108 күнді құрады [4].

1010 ұңғымасы аузынан шыққан газдар шоғырлануының мониторингі

Өлшеулер топырақ ауасындағы мониторинг сияқты, ұқсас кезеңділік пен сол бір уақытта жүргізілді. Сынамалар ұңғыманың тікелей ауызынан іріктеп алынды.

2. ЖҰМЫСТАР НӘТИЖЕЛЕРІ

2.1. Аялық деңгейлер

Газдық өлшеулер нәтижелері бойынша бақылау нүктелерінде газдар шоғырлануларының аялық мәндері алынды (1-кесте). Бұл нүктелердегі метан, көміртегі оксиді, күкіртті сутегі мен күкіртті ангидрид шоғырлануы детектрлеу деңгейлерінен төмен жатыр. Сутегі шоғырлануы $\sim 0,1\%$ құрады.

1-кесте.

Бақылау нүктелерінде алынған газдардың аялық шоғырлануы, %

Бақылау нүкт. №	Жақын «әскери» ұңғымаға дейінгі ара қашықтық, м	Жақын «әскери» ұңғыманың №	Газдардың аялық шоғырланулары					
			CO ₂	CO	H ₂ S	CH ₄	SO ₂	H ₂
1	493	1318	<0,002	<0,0002	<4-E6	<0,02	<3,5E-6	<0,001
2	600	1314	<0,002	<0,0002	<4-E6	<0,02	<3,5E-6	<0,001
3	325	1205	<0,002	<0,0002	<4-E6	<0,02	<3,5E-6	<0,001
4	850	1227	<0,002	<0,0002	<4-E6	<0,02	<3,5E-6	<0,001
5	1032	1005	<0,002	<0,0002	<4-E6	<0,02	<3,5E-6	<0,001
6	37300	1006	<0,002	<0,0002	<4-E6	0,8±0,16	<3,5E-6	<0,001
7	37300	1006	<0,002	<0,0002	<4-E6	<0,02	<3,5E-6	<0,001
8	37300	1006	<0,002	<0,0002	<4-E6	<0,02	<3,5E-6	0,10±0,02
9	37300	1006	<0,002	<0,0002	<4-E6	<0,02	<3,5E-6	0,10±0,02
10	12100	2613	<0,002	<0,0002	<4-E6	<0,02	<3,5E-6	<0,001
11	12100	2613	<0,002	<0,0002	<4-E6	<0,02	<3,5E-6	<0,001
12	240	2613	<0,002	<0,0002	<4-E6	<0,02	<3,5E-6	0,120±0,024
13	320	2613	<0,002	<0,0002	<4-E6	<0,02	<3,5E-6	<0,001

2.2. Ұңғымаларды зерттеу

«Балапан» алаңы

Газдар сынамалары сынақ алаңындағы 106 нысанның сағаалды алаңдары аумағында іріктеп алынды. Зерттеу нәтижелері кестеде берілген (2-кесте). Күкірт диоксиді шоғырлануының сандық мәндері 53 ұңғыма бойынша алынды, бұл барлық ұңғыма-

ның жартысын құрайды (50%); метан бойынша – 22 ұңғыма (20%), сутегі бойынша – 84 ұңғыма (79%).

2-кесте.

Газдық зерттеу нәтижелері. Газдар шоғырлануының максималды мәндері

№ р/р	Ұңғыма №	CO ₂ , (10 ⁻³ %)	CH ₄ , (10 ⁻¹ %)	H ₂ , (10 ⁻³ %)	№ р/р	Ұңғыма №	CO ₂ , (10 ⁻³ %)	CH ₄ , (10 ⁻¹ %)	H ₂ , (10 ⁻³ %)
1	1004	< 2	< 2	200±40	55	1303	< 2	< 2	70±14
2	1005	< 2	< 2	55±11	56	1304	9±2	< 2	< 1
3	1006	< 2	< 2	83±17	57	1307	< 2	3±02	220±44
4	1007	< 2	< 2	< 1	58	1308	< 2	< 2	70±14
6	1050	30±6	< 2	150±30	59	1309	24±5	6±2	120±24
7	1053	96±19	< 2	< 1	60	1312	39±8	< 2	200±40
8	1054	73±15	3±2	220±44	61	1313	32±6	< 2	260±52
9	1056	35±7	< 2	200±40	62	1314	49±10	< 2	120±24
10	1058	36±7	3±2	< 1	63	1315	185±37	< 2	200±40
11	1061	< 2	< 2	34±7	64	1316	30±6	< 2	350±70
12	1062	58±12	< 2	110±22	65	1317	77±15	< 2	< 1
13	1064	< 2	< 2	< 1	66	1318	95±19	< 2	61±12
14	1066	17±3	< 2	42±8	67	1319	32±6	< 2	190±38
15	1067	< 2	3±2	300±60	68	1320	11±2	< 2	300±60
16	1069	< 2	< 2	80±16	69	1321	< 2	3±2	240±48
17	1071	5±1	< 2	26±5	70	1322	31±6	6±2	240±48
18	1073	< 2	< 2	78±16	71	1323	73±15	< 2	340±68
19	1075	< 2	< 2	69±14	72	1325	< 2	< 2	310±62
20	1077	< 2	< 2	140±28	73	1326	209±42	< 2	110±22
21	1079	< 2	< 2	79±16	74	1328	4±2	5±2	210±42
22	1080	< 2	< 2	< 1	75	1331	< 2	3±2	310±62
23	1083	< 2	< 2	300±60	76	1332	< 2	< 2	< 1
24	1085	19±4	< 2	53±11	77	1335	< 2	< 2	220±44
25	1086	< 2	8±2	< 1	78	1336	< 2	< 2	190±38
26	1087	< 2	< 2	< 1	79	1340	9±2	3±2	330±66
27	1201	12±2	4±2	200±40	80	1341	< 2	< 2	170±34
28	1202	< 2	< 2	300±60	81	1344	< 2	< 2	170±34
29	1203	< 2	< 2	210±42	82	1346	< 2	< 2	250±50
30	1204	< 2	< 2	< 1	83	1348	28±6	3±2	39±8
31	1205	21±4	4±2	290±58	84	1350	13±3	< 2	< 1
32	1206	57±11	< 2	87±17	85	1352	39±8	< 2	290±58
33	1207	19±4	< 2	< 1	86	1353	23±5	< 2	48±10
34	1209	< 2	< 2	220±44	87	1354	30±6	< 2	290±58
35	1211	< 2	3±2	170±34	88	1355	60±12	< 2	360±72
36	1214	< 2	< 2	50±10	89	1359	30±6	< 2	< 1
37	1219	33±7	< 2	120±24	90	1361	9±2	< 2	240±48
38	1220	56±11	< 2	200±40	91	1365	5±2	< 2	84±17
39	1222	< 2	< 2	300±60	92	1366	< 2	< 2	< 1
40	1223	134±27	7±2	200±40	93	1384	19±4	< 2	180±36
41	1224	< 2	< 2	190±38	94	1388	23±5	< 2	< 1
42	1225	< 2	< 2	50±10	95	1400	< 2	< 2	93±19
43	1226	< 2	< 2	< 1	96	1410	14±3	< 2	95±19

№ р/р	Ұңғыма №	CO ₂ , (10 ⁻³ %)	CH ₄ , (10 ⁻¹ %)	H ₂ , (10 ⁻³ %)	№ р/р	Ұңғыма №	CO ₂ , (10 ⁻³ %)	CH ₄ , (10 ⁻¹ %)	H ₂ , (10 ⁻³ %)
44	1227	7±2	4±2	190±38	97	1411	< 2	< 2	63±13
45	1228	< 2	< 2	62±12	98	1412	13±3	< 2	110±22
46	1232	< 2	< 2	210±42	99	1414	< 2	< 2	< 1
47	1233	30±6	3±2	94±19	100	1415	< 2	< 2	< 1
48	1234	125±25	< 2	55±11	101	1421	123±25	< 2	77±15
49	1235	< 2	< 2	40±8	102	«Глубокая»	20±4	8±2	67±13
50	1236	340±68	8±2	28±5,6	103	1061бис	< 2	< 2	120±24
51	1237	11±2	3±2	160±32	104	1207 бис	39±8	< 2	150±30
52	1267	< 2	< 2	200±40	105	А	< 2	< 2	< 1
53	1301	< 2	< 2	80±16	106	Глубокая 1	< 2	3±2	< 1
54	1302	< 2	< 2	75±15					

Көміртегі оксиды, күкіртті сутегі, көміртегі сутегі мен күкіртті ангидрид шоғырлануының мәндері пайдаланылған жабдықтың табу шегіне қарағанда төмен болды.

«Сары-Өзен» алаңы

«Сары-Өзен» алаңының 24 «әскери» ұңғымасында топырақ ауасында зерттеу жүргізілді, оның нәтижесінде кейбір ұңғымалардың сағалды алаңдарында көміртегі диоксиды мен метан шоғырлануының мәндері бекітілді (3-кесте). Көміртегі диоксиды шоғырлануының сандық мәндері 26 ұңғымада (93%); метан бойынша – 3 ұңғымада (11%) алынды.

3-кесте.

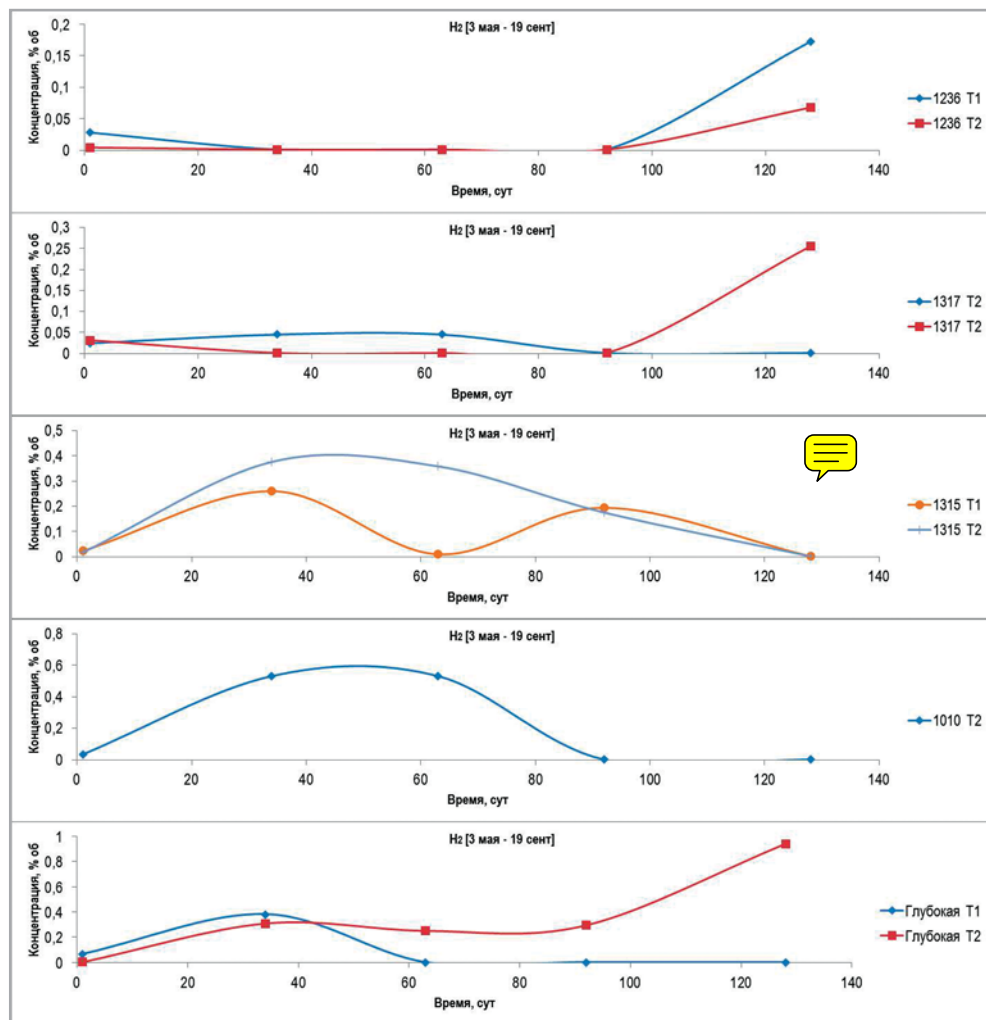
**«Сары-Өзен» сынақ алаңындағы зерттеу нәтижелері.
Ұңғымалар бойынша максималды мәндер**

№ р/р	Ұңғыма №	CO ₂ , (10 ⁻³ %)	CH ₄ , (10 ⁻¹ %)	№ р/р	Ұңғыма №	CO ₂ , (10 ⁻³ %)	CH ₄ , (10 ⁻¹ %)
1	101	< 2	< 2	15	129	4±2	< 2
2	102	10±2	< 2	16	130	4±2	< 2
3	104	49±10	8±2	17	131	6±2	< 2
4	105	4±2	< 2	18	132	5±02	< 2
5	106	3±2	< 2	19	133	5±02	< 2
6	107	4±2	< 2	20	215	5±02	8±2
7	108	3±2	< 2	21	1003	4±2	< 2
8	109	5±02	< 2	22	2613	5±02	< 2
9	110	5±02	< 2	23	2691	3±2	< 2
10	111	23±5	8±2	24	2803	5±02	< 2
11	125	4±2	< 2	25	X – 1	4±2	< 2
12	126	< 2	< 2	26	X – 2	4±2	< 2
13	127	6±2	< 2	27	X – 3	4±2	< 2
14	128	5±02	< 2	28	X – 4	5±02	< 2

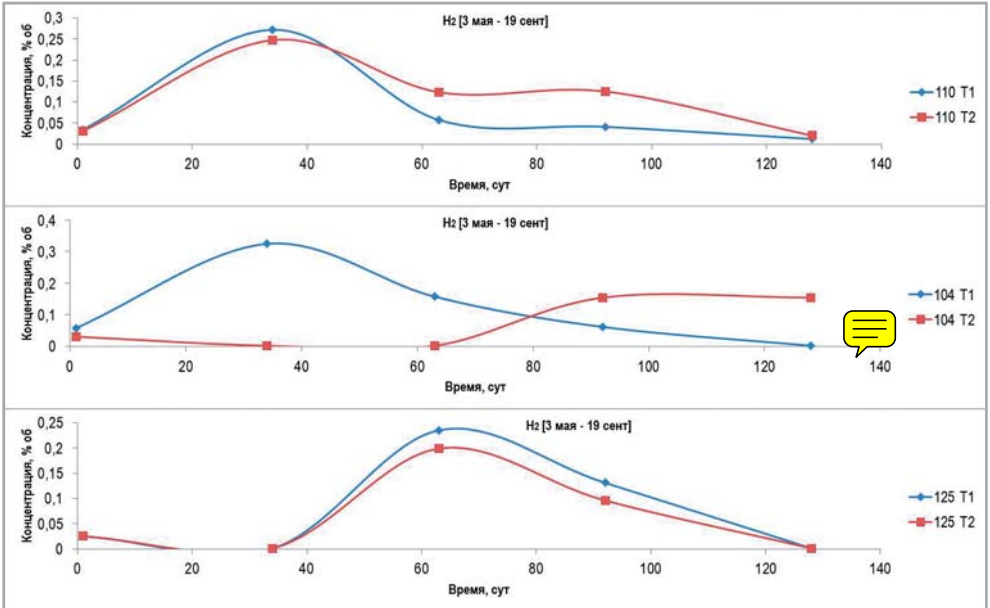
Көміртегі оксиды, күкіртті сутегі, көміртегі сутегі мен күкіртті ангидрид шоғырлануының сандық мәндері анықталған жоқ, өйткені олар пайдаланылған жабдықтың табу шегінен төмен болды.

2.2. Топырақ ауасындағы газдардың мониторингі

Суретте (2-сурет, а және б) топырақ ауасы сынамаларындағы сутегі шоғырлануын анықтаудың нәтижелері келтірілген. Сутегінің жоғары шоғырлануы бар жағдайлардың аса көбі маусым айында байқалады. Сутегінің аса жоғары шоғырлануымен (0,94 %) дейін) сипатталатыны «Глубокая» ұңғымасы. 110 ұңғыманы да атап өткен дұрыс, тек бұл ұңғыма үшін өлшеулердің барлық күндері бойынша шоғырланудың сандық мәндері алынды. 1236 ұңғыма төмен шоғырланулармен сипатталады, және де сандық мәндер тек мамыр және қыркүйек айларында ғана алынған.



2 а. Сутегі шоғырлануының мониторингі. «Балапан» алаңының ұңғымалары



26-«Сары-Өзен» алаңының ұңғымалары

Метан. Метанның аса жоғары шоғырлануы мен жоғары шоғырланудың аса көп жағдайы мамыр айында байқалған (4-кесте). 125 және 1010 ұңғымалардың топырақ ауасында жоғарылаған шоғырланулар байқалған жоқ. 104 ұңғымада шоғырланудың жоғарылауы бір рет мамыр айында байқалды.

4-кесте.

Метан шоғырлануын анықтау нәтижелері

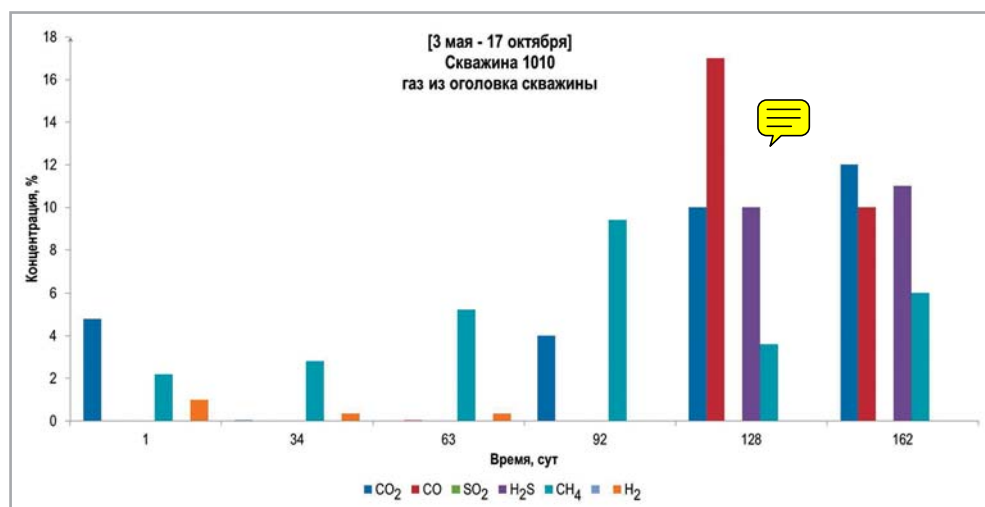
Ұңғыма	Уақыт, тәулік									
	1 ¹		36		61		80		110	
	Іріктеп алу нүктесі									
	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2
	Шоғырлануы, %									
110	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
1317	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
1010	-	< 0,2	-	< 0,2	-	< 0,2	-	< 0,2	-	< 0,2
1236	0,8±0,2	0,5±0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
1315	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,4±0,2
«Глубокая»	0,8±0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
125	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
104	0,8±0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Ескерту: «-» деректер жоқ										

¹ Мониторингтің басталу күні – 3 мамыр

Тұтасымен алғанда, маусым айында метанның, сол сияқты сутегінің көрсеткіштері бойынша аса көп газ бөліну маусым айында байқалады. Егер жеке-жеке қарастырсақ, сутегі үшін жағдайлардың негізгі мөлшері маусым айында, метандікі – мамыр айында байқалды.

2.3. 1010 ұңғыма аузынан шыққан газдың мониторингі

2011 жылы ұңғыманың аузынан шыққан газдар шоғырлану мониторингі нәтижелері суретте көрсетілген (3-сурет). Мамыр айынан тамыз айына дейінгі кезеңде негізінен метан, көміртегі диоксиды мен сутегі байқалады. Артықшылығы бары қоспадағы белгісіз құрауыш. Қыркүйектен қазанға дейін CO_2 , CO және H_2S шоғырлануы ұлғаяды.



3-сурет. Сутегі, метан, күкіртті ангидрид шоғырлануларының мониторингі

Қыркүйек-қазанға анықталатын газдардың негізгі мөлшері сәйкес келеді, өйткені қоспаның негізгі құрауышы өзінің шоғырлануын төмендетеді. Басым құрауыш болатыны көміртегі оксиды (17%), алайда қыркүйектегі оның шоғырлануы 12% CO_2 қарама қарсы 10% дейін төмендейді. Күкіртті газдар осы сияқты аса байқалатыны өлшеулер кезеңінің аяғы. Қазан айына қарай (162 тәулік) күкіртті сутегінің шоғырлануы 11% жетеді.

3. ЖҰМЫСТАРДЫҢ НӘТИЖЕЛЕРІН ТАЛҚЫЛАУ ЖӘНЕ ҚОРЫТЫНДЫ

Ұңғымаларды зерттеу. Ұңғымаларды жіктеу үшін газдар шоғырлануының орташа мәні – μ мен газдық зерттеудің алынған деректері бойынша s –стандартты ауытқу есептелді (5-кесте).

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2} \quad (1)$$

n – таңдап алу көлемі; x_i – i -лік таңдау элементі; μ – орташа арифметикалық
Деректер массиві ретінде «Балапан» сынақ алаңының «әскери» ұңғымаларының сағаалды алаңдарының топырақ ауасындағы газдар шоғырлануының мәндері пайдаланылды.

5-кесте.

Газдар шоғырлануы бойынша «Балапан» алаңының ұңғымаларын жіктеу

Газ	$\mu - s$	1s – 2s	2s – 3s	3s – 4s	4s – 5s	5s – 6s	5s – 6s	8s – 9s
CO ₂	(196)	1054, 1062, 1206, 1220, 1317(2), 1323, 1355 [7]	1053, 1318, 1421	1223, 1234	1315	1326		1236
CH ₄	(197)	1205, 1211, 1227, 1321, 1331, 1340 [6]	1201, 1236, 1328	1322	1223, 1309	1236, «Глубокая» (1010)	1086	
H ₂	(176)	1054, 1067, 1083 (2), 1202, 1203, 1205, 1209 (2), 1209, 1222 (2), 1232, 1307, 1313 (2), 1320, 1321, 1322 (2), 1325, 1328, 1335, 1340, 1346, 1352, 1354, 1355, 1361 [24]	1316 (2), 1323 (2), 1325, 1331, 1340, 1355 [6]		(1010)			

Аталған есептеу нақты бір болжаммен жүргізілді. Көптеген ұңғымалар бойынша шоғырланудың сандық мәндері алынбағанына байланысты, мұндай ұңғымалар үшін есептік мән ретінде жабдықтың минималды детектрленген шоғырлануы таңдап алынды.

Қабылданған жіктемеге сәйкес жігі зерттеу үшін газ бөлу параметрлері бойынша аса ауытқулары бар ұңғымаларды таңдап алу қажет: 1086, 1326, 1223, 1309, 1234 және 1322. 1236 мен 1315 және «Глубокая» ұңғымалары бұрын «қатерліге» жатқызылған, бұл деректер газдық ауытқулардың бар екендігін тағы бір рет дәлелдеді.

Кестеде (6-кесте) «Балапан» және «Сары-Өзен» алаңдарындағы газдар шоғырлануының максималды мәндерін салыстыру келтірілген.

6-кесте.

Газдар шоғырлануының максималды мәндерін салыстыру

Газ	«Балапан» алаңы, $C_{\max}$ %	«Сары-Өзен» алаңы, $C_{\max}$ %	$C_{\text{Бал}}/C_{\text{СӨЗ}}$
CO ₂	0,34	0,05	7
CH ₄	0,79	0,75	1
H ₂	0,36	0,06	6

Келтірілген деректер «Сары-Өзен» және «Балапан» алаңдарында топырақ ауасындағы метанның максималды тіркелген шоғырлануы тең, ал көміртегі диоксиды мен сутегінің шоғырлануы жеті-алты есеге ерекшеленетінін көрсетеді. «Балапан» алаңында зарядты орналастыру тереңдігі мен жарылыс қуаты орташа алғанда «Сары-Өзен»

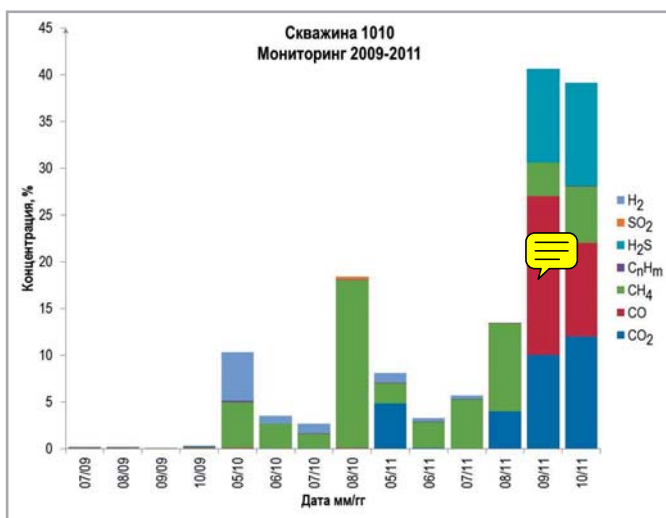
алаңындағыға қарағанда үлкен болғандықтан, бұл заряд қуаты мен оның сутегі мен көміртегі диоксидының аса жоғары шоғырлануы бар жер бетіне жақын болуы анықтау факторы болып табылмайды деген ойға әкеледі.

«Қатерлі» ұңғымалардағы газдардың мониторингі. Нәтижелердің басым бөлігі (2-сурет) маусым-шілдедегі сутегінің жоғары шоғырлануын көрсетеді.

T1 және T2 шоғырлануларының қисық сызығының айырмашылығы бойынша сол бір ұңғымада бұның газдық өрісінің тегіс емес таралуына байланысты деген болжам айтуға болады, бұл алаңдағы газдық түсіріліммен расталады.

Алынған деректер (2-суретте) мүлдем анықталмаған газдар (күкіртті сутегі, көміртегі оксиды мен күкіртті ангидрид) туралы айтпағанда, метан мен көміртегі диоксиды бойынша табу шегінің жеткіліксіздігін көрсетеді. Мұндай жағдай алынған нәтижелер бойынша аса нақты қорытынды жасауға мүмкіндік берген жоқ. Газ шығару мониторингі «қатерлі» ұңғымаларда газ шығару динамикасындағы заңдылықтарды анықтау үшін аса сезімтал аспаптарды пайдалануды талап етеді.

1010 ұңғымасындағы газдардың ұзақ уақытты мониторингі. Жинақталған деректер 2009 жылдан бастап 2011 жылға дейінгі кезеңде 1010 ұңғымасының аузынан шыққан ағындағы газдар шоғырлануының өзгеруін байқауға мүмкіндік береді. Нәтижелер суретте көрсетіледі (4-сурет). Бақылау кезеңі ішінде максималды шоғырлануға жеткені метан, шоғырлануы шамамен 18%, сол сияқты көміртегі оксидын бөліп қарастыруға болады (~16%). 2011 жылғы деректер бойынша газдар ағынында күкіртті сутегі, көміртегі монооксиды метан және көміртегі диоксиды басым келеді. 2010 жылы құрамы басқаша болған еді. Негізгі құрауыштар метан мен сутегі болған.



4-сурет. 1010 ұңғымасының аузынан шығып жатқан газдың үш жылдық мониторингі нәтижелері

1010 ұңғыманың аузынан шығып жатқан газдарды зерттеу барысында зерттеліп жатқан газдардың динамикасы анықталды, бірақ ұңғымадан газдың қандай мөлшері бөлінетіні бізге әлі күнге дейін белгісіз. Аталған сұраққа жауап беру үшін өлшеулерді жүргізуге арналған ұңғыманың аузын арнайы жабдықтау қажет. Ұңғымадан шыққан газ шығыны да ұңғымадағы газ шығару процестерінің өтуін бағалау үшін маңызды параметр болып табылады.

5 ҚОРЫТЫНДЫ

Жұмыстар барысында «Балапан» және «Сары-Өзен» алаңдары ұңғымаларындағы метан, сутегі және көміртегі диоксидінің жоғары шоғырлануы анықталды. Зерттеулер қосымша зерттеуді қажет ететін газдық ауытқулары бар ұңғымаларды: 1086, 1326, 1223, 1309, 1234 және 1322 анықтауға мүмкіндік берді.

1010 ұңғымасындағы газдар мониторингі анықталатын газдар үлесі аузынан шығатын газдық қоспада ұлғаятынын көрсетті, алайда газдар ағыны ұлғайды ма әлде азайды ма – әзірге белгісіз. Жеке қызығушылықты білдіретіні уақыттың аса қысқа аралығы ішінде газдар құбылмалығын білдіреді. Ай ішінде және тәулік ішінде газдардың құбылмалығын бақылау атмосфералық факторлардың газ бөлінуге әсері туралы қорытынды жасауға мүмкіндік береді. Бұдан басқа ұңғыма аузынан шығатын газдың толық құрамының анықталмағандығы қалады. Бақылау кезеңі ішінде мамыр айынан тамыз айына дейін аз үлес біз әлі өлшей алмайтын газдарға тиесілі болды. Аталған сұрақ әлі шешілмеген болып қала береді. Мүмкін, зерттеудің хроматографиялық әдістері ғана аталған жағдайды түсіндіруге мүмкіндік береді.

Қалай болғанда да зерттеулердің пайда болған сұрақтарының бір бөлігі аталған жұмыста пайдаланылатын жабдықтың табу шегінің жеткіліксіздігіне байланысты. Сонымен, тиімді параметрлерге қол жеткізу үшін аналитикалық базаны қайта қарастыру қажет.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. Голубов Б.Н. Ядролық сынақтарға жан-жақты тыйым салу туралы шартты тексеру және бейбіт жерасты ядролық жарылыстарды жаңғырту проблемасы /Б.Н. Голубов // ҚР ҰЯО Жаршысы. – 2005. – 2 Шығарылым –Б. 73-90.
2. «Бұрынғы Семей сынақ полигонының қауіпсіздігін қамтамасыз ету» Республикалық бюджеттік бағдарламасы 011 «Радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету»: 26.06.2009 ж. № 17-2009 келісімшарты бойынша ҒЗЖ туралы есеп (ақпараттық) / ҚР ҰЯО РҚЭИ; Лукашенко С.Н. басшылығымен – Курчатов: ҚР ҰЯО РҚЭИ, 2009. –164 б
3. Субботин С. «Балапан» алаңындағы апаттық сипаттағы үрдістер ағысының мүмкіндігін бағалау/ С.Б.Субботин, С.Н.Лукашенко // Қазақстан радиоэкологиясының өзекті мәселелері [Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының 2007-2009 жж. еңбектер жинағы]. – 2-Шығарылым – Павлодар: Баспа үйі, 2010. – Б. 401 – 450.

4. Романенко В.В. «Балапан» алаңындағы газ шығарудың сипатын зерттеу / В.В. Романенко, С.Н. Лукашенко // Қазақстан радиоэкологиясының өзекті мәселелері [Қазақстан Республикасы Ұлттық ядролық орталығының 2010 ж. еңбектер жинағы] / жет. Лукашенко С.Н. – Т. 2. – 3 Шығарылым. – Павлодар: Баспа үйі, 2011. – Б. 275–294.
5. «Бұрынғы Семей сынақ полигонының қауіпсіздігін қамтамасыз ету» Республикалық бюджеттік бағдарламасы 011 «Радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету»: 10.10.2008 ж. № 36-2008/1 келісімшарты бойынша ҒЗЖ туралы есеп (қорытынды) / ҚР ҰЯО РҚЭИ; Лукашенко С.Н. басшылығымен; орындаған: Демин В.Н. – Курчатов: ҚР ҰЯО РҚЭИ, 2008. –121 б
6. Бұрынғы Семей сынақ полигонының қауіпсіздігін қамтамасыз ету Республикалық бюджеттік бағдарламасы 038 «Радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету»: 19.02.2010 ж. № 4-20103 келісімшарты бойынша ҒЗЖ туралы есеп (акпараттық) / ҚР ҰЯО РҚЭИ; Лукашенко С.Н. басшылығымен – Курчатов: ҚР ҰЯО РҚЭИ, 2010. –128 б.
7. Ядролық-энергетикалық саланың және таратпау режимінің геолого-геофизикалық аспектілері бойынша кешенді ғылыми зерттеулер 04 тарауы бойынша ғылыми-зерттеу жұмысы туралы есеп: ҒЗЖ туралы есеп.- Курчатов: ҚР ҰЯО, 2011.
8. Субботин С.Б. «Сары-Өзен» алаңындағы газ шығаруларды алдын ала тексеру нәтижелері /С.Б. Субботин В.В. Романенко, С.Н. Лукашенко, С.Б. Субботин // Қазақстан радиоэкологиясының өзекті мәселелері [Қазақстан Республикасы Ұлттық ядролық орталығының 2010 ж. еңбектер жинағы] / жет. Лукашенко С.Н. – Т. 2. – 3 Шығарылым. – Павлодар: Баспа үйі, 2011. – Б. 251-274.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОТЕКАНИЯ ПРОЦЕССОВ ГАЗИФИКАЦИИ В МЕСТАХ ПРОВЕДЕНИЯ ПЯВ

¹ Романенко В.В., ¹ Субботин В.В., ² Чернова Л.В.

**¹ Институт радиационной безопасности и экологии НЯЦ РК,
Курчатов, Казахстан**

² Институт атомной энергии НЯЦ РК, Курчатов, Казахстан

Данная работа является логическим продолжением ранее проведенных исследований. В работе приведены результаты обследования приустьевых площадок «боевых» скважин на территории испытательных площадок «Балапан» и «Сары-Узень». Установлены дополнительные скважины с аномальными концентрациями метана, водорода и диоксида углерода. В работе также приведены результаты многолетнего мониторинга концентрации ряда газов выделяющихся из оголовка скважины 1010. Установлено, что определяемые компоненты постепенно увеличиваются в составе выделяющейся газовой смеси, но отсутствие данных об изменении скорости

потока газа пока не позволяют сделать более подробных выводов. Сделаны выводы и рекомендации относительно используемого измерительного оборудования.

Ключевые слова: подземный ядерный взрыв, газовые аномалии, почвенный воздух, газовый мониторинг, «боевые» скважины.

GASIFICATION PROCESS ON UNE SITES

¹Romanenko V.V., ¹Subbotin S.B., ²Chernov L.V.

¹ *Institute of Radiation Safety and Ecology NNC RK, Kurchatov, Kazakhstan*

² *Institute of Atomic Energy NNC RK, Kurchatov, Kazakhstan*

This work is a continuation of previous studies. The paper presents results of the survey of "warfare" wells' moth areas in at "Balapan" and "Sary-Uzen" sites. More wells with abnormal concentrations of methane, hydrogen and carbon dioxide were found. The paper also presents the results of long-term monitoring of the concentration of a number of gases released from borehole 1010. It was established that the components are gradually increased in the evolved gas mixture, but the lack of data on changes in the gas flow rate does not allow a more detailed conclusions. Conclusions and recommendations were made regarding the use of measuring equipment.

Keywords: underground nuclear explosion, gas anomalies, soil air, gas monitoring, "warfare" well.

УДК 577.4: 622.278: 621.039.9

**КЕРНДЫ КҮЙДІРУ ТӘСІЛІМЕН ТАУ
ЖЫНЫСТАРЫНЫҢ ГАЗТҰНУЫН ЗЕРТТЕУ****Романенко В.В., Субботин С.Б.*****ҚР ҰАО Радиациялық қауіпсіздік және экология институты,
Курчатов, Қазақстан***

Мақалада, түрлі режимдегі температуралық жүктемелеу барысында тау жыныстары үлгілерінің салмағының өзгерісін бағалау нәтижелері келтірілген. Тау жыныстарының үлгілері ЖЯЖ өткізілген жерлерден алынды. Ұшпа құрауыштардың негізгі бөлігі температурасы шамамен 800°C барысында 12 сағаттан ұзақ емес уақыт бойында бөлінетіні анықталды. Аталған зерттеулер, бұрынғы Семей сынақ полигонындағы жүргізілген жерасты ядролық жарылыстардың зардаптарын зерттеу жұмыстарының бір бөлігі болып табылады.

Кілт сөздер: Семей сынақ полигоны, керн, пиролиз, үлгінің салмағын жоғалтуы, күйдіру.

КІРІСПЕ

Семей ядролық сынақ полигонының сынақ алаңдарында ұңғымаларда 131 [1] жерасты ядролық жарылысы (ЖЯЖ) жүргізілген. ЖЯЖ негізгі бөлігі «Балапан» және «Сары-Өзен» сынақ алаңдары аумағында жүргізілген. Қазіргі уақытта, соңғы ЖЯЖ жүргізілгеннен 23 жылдан кейін сынақ алаңдарының аумағында жарылыстан кейінгі процестердің даму белгілері байқалады. Зерттеулердің нәтижелері көрсеткендей [2, 3, 4, 5 және т.б.], ЖЯЖ кейбір эпицентрларында болжам бойынша құрамында көмір бар пиролизиялық процестермен қосылған ауа жетпейтін тау жыныстарының жеке немесе толық емес газдану процестері болып табылатын ұзақ уақытты қалдық процестердің болуы жүреді. ЖЯЖ жүргізілген сынақ алаңдары үшін тән үш фактордың: тау жыныстарында құрамында көмір бар материалдардың, ЖЯЖ жоғары температуралары, сондай-ақ ұлғайтылған сызаттану нәтижесінде жерасты суларының бар болуы мұндай процестердің пайда болу себебі ретінде болуы мүмкін [4]. Басқа сөзбен айтқанда тау жыныстарының газданудың жарылыстан кейінгі процестері ЖЯЖ жүргізу кезінде жылу жүктемесіне ұшыраған тұстардағы көмірденген жыныстардың сулы телімдерінде таралған.

Құрамында көмір бар қатпарлардың жануының нәтижесінде жанбаған жақын жатқан тау жыныстары қызатыны белгілі. Мұндай өзара әрекеттің нәтижесінде бұл жыныстан органикалық және газ құрамдастардың бөлінуін күтуге болады.

«Балапан» алаңының геологиялық ерекшелігі – әртүрлі және әр жастағы жыныстардың бар болуы. ЖЯЖ әсер етуші факторларының әсері нәтижесінде аталған аумақтағы тау жыныстары жерасты жану процестерінің пайда болуы мен жүруіне икемделген. Бұл процеске көп дәрежеде қатысатын алаңның орталық бөлігінде таралған шөгінділер ұшырайды, бұл юраның тұнбалары, сондай-ақ таскөмір жүйесінің шөгінділері (көмір қабаттары, көмірлі алевролиттер мен такта тастар) икемделген [4].

«Сары-Өзен» алаңының геологиялық құрылысы жұмыста толық келтірілген [4]. Тас-көмір жүйесіне (C_{1v_1}) жататын көмірлі шөгінділерінің бар болуы байқалады және сұртүстілермен, түрлі дәнділермен, полимикталы құмдақтармен және қара-сұр және қара көмірлі-сазды қатпарлармен беріледі. Шөгінділердің көмірлігі оларға тән ерекшелігі болып табылады. Шөгінділердің қуаты 150-200 м.

Сонымен, ЖЯЖ жүргізілген екі алаңда да құрамында көмірлі материал бар жыныстар кездеседі.

ЖЯЖ жүргізу нәтижесінде тау жынысының сіңіретін жылу энергиясының ауқымды көлемі термикалық алмасуды болдыра отыра, бөлініп шығады. Көмірдің жоғары температурасы бар кезінде, сондай-ақ құрамында көмір бар заттектер термикалық деструкцияға, пиролизге ұшырауы мүмкін. Мысалы, көмір 120 °C дейін қызған кезде физикалық жағынан байланысқан ылғал, көмірімен сіңірілетін газдар (көміртегі диоксиды, метан және т.б.) бөлінеді. Бұл кезде оның ішкі құрылымының нақты бір өзгерістері болу мүмкіндігіне қарамастан, көмірдің органикалық массасының көрнекі ыдырауы байқалмайды. 200 °C аса жоғары температуралар кезінде көмірдің органикалық массасының термикалық ыдырауы кезінде пайда болатын судың біршама мөлшерінің, сондай-ақ оксид мен көміртегі диоксидының бөлінуі басталады. Бұл жеткілікті күрделі химиялық ауысулардың нәтижесі болып табылады. 250-325 °C аралығында көмір заттегінің ыдырау процестері күшейеді. Су булары, көміртегі оксидының қарқынды бөлінуі жүреді, күкіртті сутегі мен күкірттің органикалық қосылыстарының біршама мөлшері бөлінеді. Көмірдің органикалық массасының терең ыдырауы, заттектердің (шайырдың) қарапайым жағдайларында сұйықтықтың бөлінуі шамамен 550° C температурасы кезінде аяқталады. Жыныстардың жоғарыда аталған құрауыштарының бөліну нәтижесінде қалай болғанда оның массасының өзгеруіне әкеледі. Аталған жұмыста термикалық ауысулардың нәтижесінде жыныстардың әртүрлі үлгілерінің массаларын бағалау және массаларының өзгеруін салыстыруға талпыныс жасалды. Зерттеулер үшін ЖЯЖ жүргізілген «Балапан» және «Сары-Өзен» сынақ алаңдары аумақтарынан алынған тиісті жыныстардың үлгілері таңдап алынды.

1. ТӘЖІРИБЕЛІК БӨЛІМ

1.1. Сынамаларды іріктеп алу

Зерттеулер үшін тереңдігі 100 метрге жететін, бұрын бұрғыланған ұңғымадан іріктеп алынған керн (1-сурет) пайдаланылды. Керн үлгілері бағандық бұрғылау нәтижесінде қалыптасқан, цилиндр формалы жыныстардың кесектері ретінде берілген. Үлгілердің ұзындығы 10-нан 25 см дейін.

Алаңдардың геологиялық құрылысы мен визуалды белгілері бойынша қолда бар деректердің негізінде сынамалар жыныстардың қандай да бір типтеріне болсын жатқызылды. Керннің іріктеп алынған сынамалары туралы мәліметтер кестеде берілген (1-кесте).



1-сурет. Керн сынамаларының жалпы түрі

1-кесте

Іріктеп алынған сынамалар туралы мәліметтер

№ р/р	Жыныстың типі	Алаң	Сынамаларды іріктеп алу нүктелерінің координаталары	
			х	у
1	туфолавалар	«Сары-Өзен»	77,6593	49,9760
2	туфолавалар		77,7016	49,9338
3	туфолавалар		77,6738	49,9521
4	туфолавалар		77,7452	49,9141
5	туфолавалар		77,6593	49,9760
6	алевролит		77,7636	49,9022
7	алевролит		77,7636	49,9022
8	алевролит		77,7636	49,9022
9	туфолавалар		77,6738	49,9521
10	туф (кварцты-карбонатты қатпарлар, кальцит)	«Балапан»	78,9819	50,0113
11	конгломерат (юра)	«Балапан»	78,9761	49,9947
12	туфоқұмдақ		78,9684	49,9975
13	алевролит		78,8012	49,9140
14	алевролит (көмірлі)		78,9742	50,0019
15	туф (андезитті-порфиритті)		78,9819	50,0113
16	туф (андезитті-порфиритті)		78,9684	49,9975
17	туф		78,9819	50,0113
18	туф (андезитті-порфиритті)		79,0043	50,0332
19	туф		79,0043	50,0332
20	туф (андезитті-порфиритті)		79,0184	50,0382
21	алевролит		79,0075	50,0273
22	алевролит		79,0229	50,0398
23	туф		78,9814	50,0072
24	конгломерат (юра)		78,9761	49,9947
25	туф		79,0184	50,0382
26	туф		78,9742	50,0019
28	туф		78,9924	50,0070
29	гранит		78,7693	49,8743

Іріктеп алынған сынамалар туралы аса жіті түсінік үшін жыныстардың көбісі бойынша қысқаша мәліметтер келтірілген.

Алевролит – цементтелген алеврит. Алеврит – құм мен сазды жыныстардың арасындағы аралық борпылдақ тұнбалы жыныс. Дәндерінің басым өлшемі 0,1-0,01 мм.

Туф – Жанартаулық және ізбестік. Жанартаулық туфалар – жанартау атылуларының қатты өнімдерінен пайда болған тау жыныстары: күл, лапиллалар және бобм. Ізбестік туфалар – ыстық көздерден, сол сияқты суық көздерден карбонат кальцийдің тұнуы нәтижесінде пайда болатын саңылаулы, ұяшықты жыныс.

Құмдақ – цементтелген құм ретінде берілген, дәндерінің өлшемдері 2,0 – 0,2 мм.

Туфолавалар – лава мен күлден тұратын, туфалық массасы бар және осы массаға енгізілген қоңыр шыны салыстырмалы түрдегі ірі қосылыстардан тұратын жанартаулық жыныстар.

Конгломерат – цементтелген майда тас. Майда тас құрамы бойынша әртүрлі немесе бірдей болуы мүмкін. Қазбалы майда тастардың көбісі төрттіктерге қарағанда ежелгі, конгломераттар болып табылады.

Гранит – толық кристалды магматикалық жыныс, калийлі дала шпатының, қышқыл плагиоклаз бен кварцтың көп немесе аз тең мөлшердегі және бір немесе бірнеше түсті минералдардың тәуелді мөлшерінен: биотит, мусковиа, амфибол және сирек пироксеннен тұрады [7].

1.2. Зерттеу параметрлерін таңдау

Құрамында көмір бар заттектердің термикалық ауысуы туралы мәліметтер негізінде кернді күйдірудің температуралық диапазоны таңдап алынды. Аса толық мәліметтерді алу үшін, сондай-ақ кейбір мұрағаттық деректермен салыстыру үшін кернді күйдіру диапазоны 1000°C дейін кеңейтілді (2-кесте).

2-кесте

Жерасты жану процестері жүруінің болжамды температуралары

i	1	2	3	4	5	6	7	8
t_i	105°C	200°C	250°C	300°C	400°C	600°C	800°C	1000°C

1.3. Тәжірибені суреттеу

Үлгіні алу үшін керн сынамалары екі кезеңмен ұсатылды. Алғашында сынамалар соңынан зертханалық диірменде өңдеу мүмкіндігі үшін шамамен 2x2 см фракцияға дейін қолмен үгітілді. Ары қарай сынамалар Pulverisette 9 зертханалық диірменді пайдалана отыра үгітілді және шамамен 1 мм дейінгі фракцияға дейін келтірілді.

Сосын керннің үгітілмеген бөлігін алып тастау үшін сынамалар ұяшықтарының диаметрі 1 мм болатын елеуішпен еленді. Әр сынама мұқият араластырылды және әрқайсысы кварттау арқылы, массасы ≈ 100 г болатындай, нәтижені қайта қалпына келтіру үшін 3 үлгіге бөлінді. Әр сынаманы өлшеу 0,01 г кем емес дәлсіздікпен техникалық таразыда жүргізілді. Әр сатыдағы керн үлгісінің жалпы түрі кестеде берілген (3-кесте).

Күйдіруді жүргізу үшін SNOL-7,2/1100 зертханалық электр пеші пайдаланылды. Пайдаланылатын пеш бір уақытта 24 үлгіге дейін күйдіруге мүмкіндік береді. Бақылау өлшеуінен соң үлгілер бөлмелік температура (t_0) кезінде төзімді пешке орналастырылды. Ары қарай үлгілер қыздырылып, 12 сағаттан кем емес уақытта t_1 температура-

сында ұстап тұрылды. Сосын барлық үлгілер өлшеу үшін шығарылды да қайтадан t_1 температурасында ұстап тұру үшін қайта салынды. Сосын үлгілер екінші рет өлшеу үшін алып шығарылды. Содан кейін тұрақталған массасы бар үлгілерден басқа үлгілер t_1 температурасында күйдіру үшін пешке салынды. Сосын барлық үлгілер (мөлшері 24) массасы бойынша тұрақталғаннан соң күйдіру температурасы t_2 -ге ауысты; және барлық процестер t_8 дейін қайтадан қайталанды.



а)

б)

в)

Рисунок 3.1. Общий вид образцов керн на различной стадии:

а – дробленный образец породы, б – измолотый на мельнице, в – после отжига

Керн үлгілерінің әртүрлі сатыдағы жалпы түрі

3-кө

Жыныстың ұсатылған үлгісі	Диірменде үгітілгені	Күйдіргеннен соң

Үлгілердің атмосфералық ылғалды сіңіруін болдырмау үшін суу процесінде оларды эксикаторға орналастырды. Өлшеу 0,01 г кем емес дәлсіздігі бар техникалық таразыда жүргізілді.

2. ЖҰМЫСТАРДЫҢ НӘТИЖЕЛЕРІ ЖӘНЕ НӘТИЖЕЛЕРДІ ТАЛҚЫЛАУ

2.1. Керн үлгілері массасының жоғалуын бағалау нәтижелері

Күйдіру нәтижелері бойынша алынған деректер 2-5-суреттерде берілген.

«Балапан» алаңы

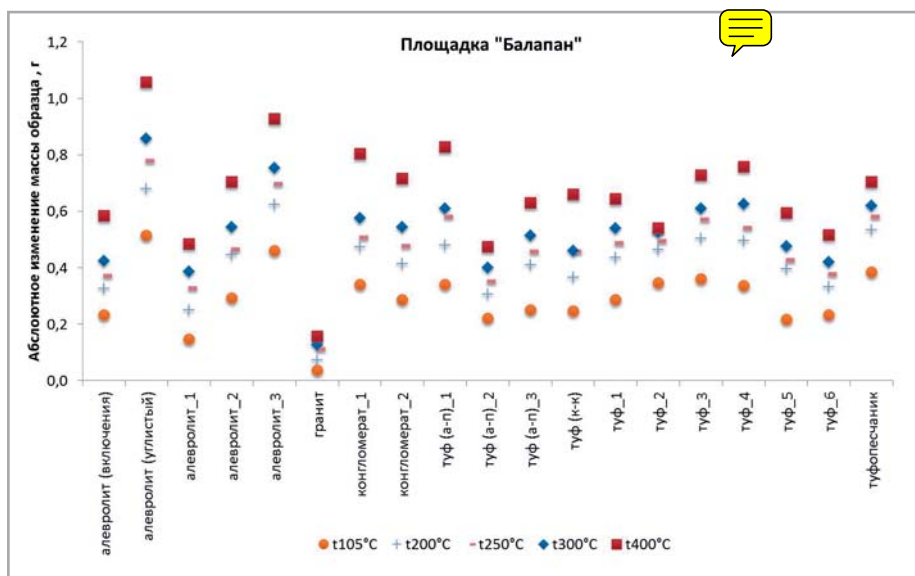
Алевролит. Жыныстың аталған типіне керннің үш сынамасы жатқызылды. Жыныстың жануы 105-тен 400°C дейінгі диапазонда массаның 0,16-дан 0,79% дейінгісі және 600°C-тан 1000°C дейінгі диапазонда 1,71-ден 7,17 дейінгісі құрады. 400°C-тан 600°C дейін өту массаның 3 еседен артық жоғалуымен ілесе жүреді. 105-тен 400°C дейінгі диапазонда күйдіру кезінде көмірлі алевролит сынамасы басқа сынамалармен салыстырғанда аса үлкен жану пайызына ие, ары қарай 1000°C дейін кері жағдай байқалады.

Конгломерат. Егер 105-тен 400°C дейінгі диапазонда жану пайызының мәндері кесте бойынша орташаның шегінде болса, онда 600°C температурасынан бастап конгломерат үлгілерінің максималды жану пайызы 4,5%, бұл басқа жыныстарға қарағанда 1,5%-ға үлкен және 1000°C кезінде ол ~ 8,8% жетеді. 400°C-дан 600°C дейін өту массаның 4 еседен артық жоғалуымен ілесе жүреді.

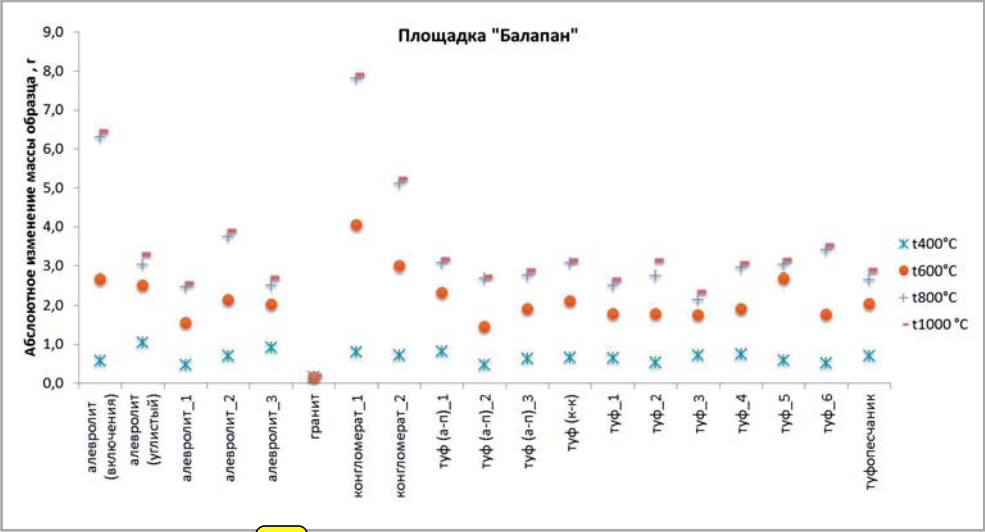
Туф. Туфаларға жататын керннің 21 сынамасы күйдірілді. 105-тен 400°C дейінгі диапазонда мәндердің айырмашылығы 0,17 – 0,27% құрады. 600°C-тан 1000°C дейінгі диапазонда бұл мән 1-1,3% құрады. 400°C-тан 600°C-ге дейін өту массаның 3 еседен артық жоғалуының ұлғаюмен ілесе жүреді. 1000°C кезіндегі максималды мән 3,92% құрады. Андезитті-порфиритті құрамның туфалары үшін жану пайызының мәндері туфаларға қарағанда біршама – орташа алғанда ~ 0,1%-ға төмен.

Туфақұмдақ. Жыныстың жануы 105-тен 400°C дейінгі диапазонда 0,42-ден 0,79% дейін және 600°C-ден 1000°C дейінгі диапазонда 2,27-ден 3,21 дейін құрады. 400°C-ден 600°C дейінгі диапазонда максималды мәндер 0,79-дан 2,28 дейін өзгереді.

Гранит. Граниттер бойынша массаның жоғалуының аздаған көрсеткіштері алынды, бұл жынысты жылу жүктемелеріне аса төзімді деп сипаттайды. Жыныстың жануы 105-тен 400°C дейінгі диапазонда 0,13-тен 0,43% дейін және 600°C-ден 1000°C дейінгі диапазонда 1,29-дан 1,83 дейін құрады. 400°C-ден 600°C дейін өту массаның шамамен 3 есеге жоғалуының ұлғаюымен ілесе жүреді.

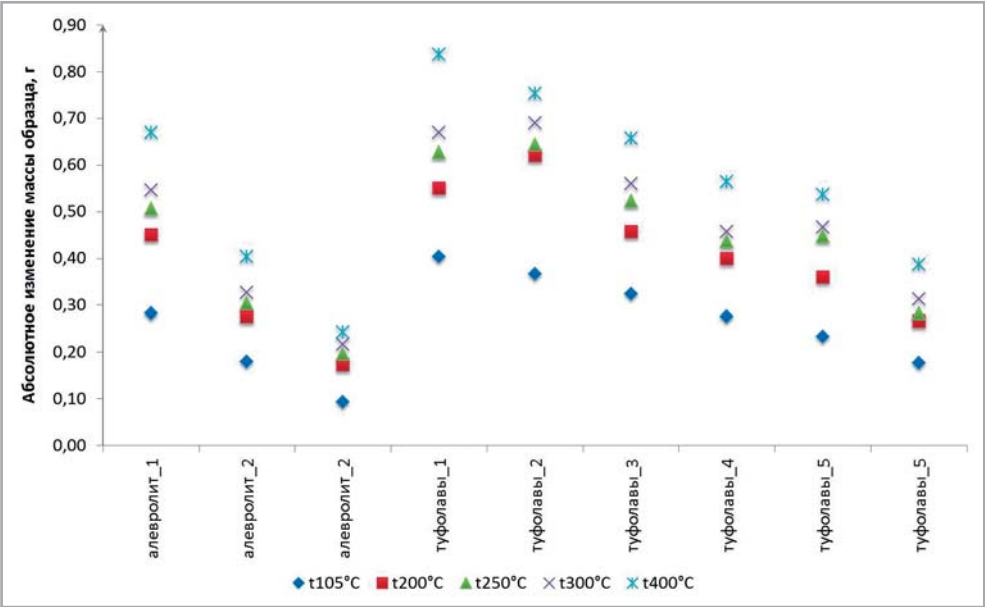


2-сурет. «Балапан» алаңындағы жыныс үлгілерінің массасының 105-тен 400°C дейінгі диапазондағы өзгеру сипаты



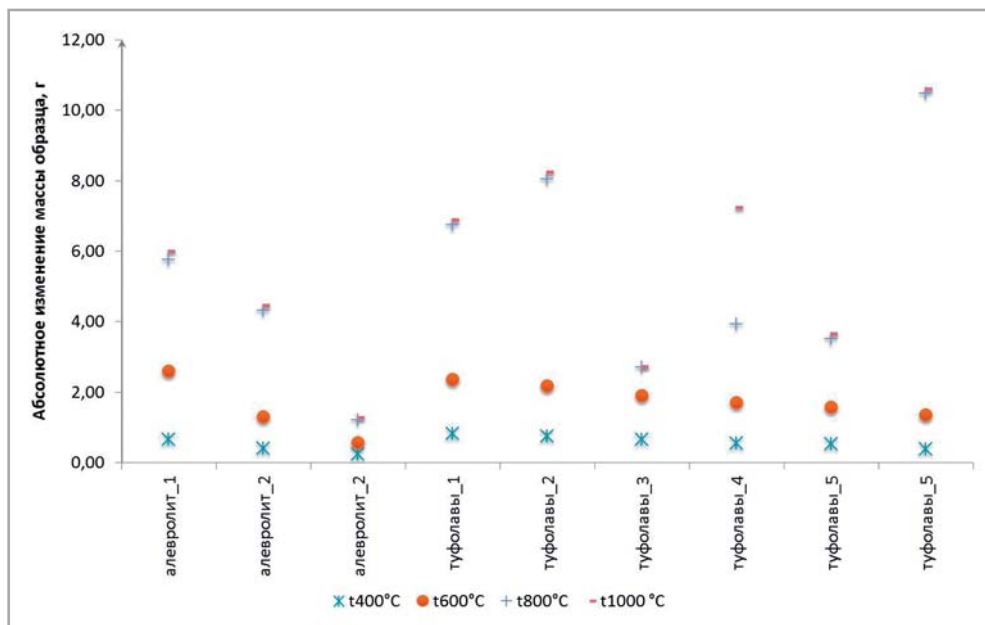
3-с

«Балапан» алаңындағы жыныс үлгілерінің массасының 400-ден 1000°C дейінгі диапазондағы өзгеру сипаты



4-с

«Сары-Өзен» алаңындағы жыныс үлгілерінің массасының 105-тен 400°C дейінгі диапазондағы өзгеру сипаты



5-сурет. «Сары-Өзен» алаңындағы жыныс үлгілерінің массасының 400-ден 1000°C дейінгі диапазондағы өзгеру сипаты

Жыныстың жануының максималды пайызы 49 452 (конгломерат, Юра) сынама- ны күйдіру нәтижелері бойынша 8,8%. Жалпы алғанда 400°C дейінгі температура- да үлгінің орташа алғанда 0,7%-дан аспайтын аздаған жоғалтуы жүреді. 600°C темпе- ратура кезінде орташа мән 2% құрайды. Үлгінің жанған бөлігінің негізгі массасы 600°C- ден 800°C дейінгі диапазонына келеді. Температураның 600-ден 800 пайызға дейін жоғарылауынан соң жану пайызы орташа алғанда 1,5% дейін көтерілді, ал 1000 дейін көтерілген соң орташа алғанда 0,2% өсті.

«Сары-Өзен» алаңы

Туфалава. Температуралардың бүкіл диапазонын осыған ұқсас шартты түрде екі бөлікке бөлуге болады. Біріншісі – 105-тен 400°C дейін, массаны жоғалту бір па- йыздан асқан жоқ және 0,19-дан 0,93 дейін құрады. Екінші бөлікте 400-ден 1000°C дейін массаны жоғалту 1,5-тен 11,8% дейін қисық өседі, жанып болған жыныстың негізгі массасы 800°C температурасы кезінде болды.

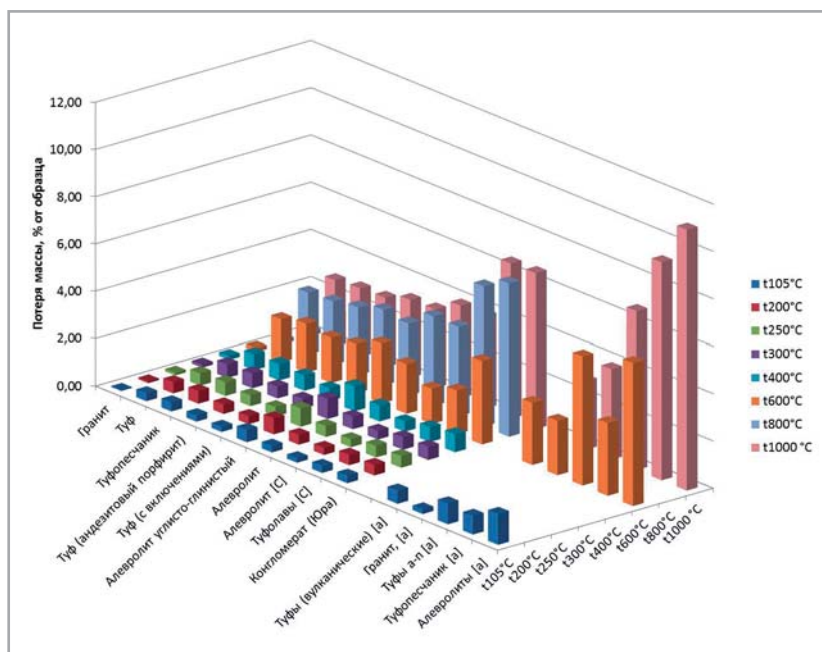
Алевролит. Жыныстың жануы 400-ден 1000°C дейінгі диапазонда массаның 0,1-ден 0,76% дейін құрады және 600-ден 1000°C дейінгі диапазонда массаның 0,63- тен 6,7 дейін құрады, яғни іс жүзінде «Балапан» алаңында іріктеп алынған алевролит- тер сияқты ұқсас.

Жалпы алғанда «Сары-Өзен» алаңынан алынған барлық үлгілер бойынша. Жы- ныстың максималды жану пайызы туфалавалардың сынамаларын күйдіру нәтижелері бойынша 11,8% құрады.

2.2. Нәтижелерді талқылау

Суретте (6-сурет) күйдіру температурасына байланысты үлгілердің массасының өзгеру сипаты көрсетілген. Келтірілген деректерге сәйкес 500 °C дейінгі диапазонда аса көп жану көмірлі алевролиттердің үлгілерінде жүреді. Бұл кезде барлық үлгілердегі бір нүктеден екінші нүктеге жыныстардың жану сипаты ұқсас. ~600°C-ден төмен температура кезінде жыныстың сынамаларынан ұшатын материал аз бөлінеді. Осыған ұқсас деректер Рио Бланко жынысын зерттеу кезінде жұмыста [8] алынды.

~600°C температурасы кезінде жану пайыздарының таралу сипаты аса жоғары немесе аса төмен температуралар кезінде басқаларға ұқсас емес. 400°C-ден 800°C дейінгі диапазонда әртүрлі мөлшерде бар барлық үлгілері үшін бір жалпы заттектің жануы жүруі әбден мүмкін. Құрамында көмір бар жыныстарда, жоғарыда айтылғандай, шамамен 550°C температурасы кезінде аяқталатын көмірдің органикалық массасының ыдырау процесі жүреді.



6-сурет. Жыныс үлгілері массаларының өзгеруін салыстыру («Балапан», «Сары-Өзен» алаңдарындағы жыныс үлгілері бойынша орташалғанған мәндер [C] мұрағаттық деректер бойынша [a])

600°C-ден артық температура кезінде туфолесниктер мен конгломераттардың үлгілері массасының жоғалуының көп пайызына ие, бұл кезде 800°C және 1000°C күйдіру температура мәндері кезінде үлгілер бойынша жану пайызының таралу сипаты бірдей.

Жұмыста алынған нәтижелерді мұрағатта бар ұқсастармен салыстыру қажет. Мұрағаттық ақпаратта тек 105, 500 және 1000 °C күйдіру температураларына арналған нәтижелер ғана бар.

Суретте көргеніміздей, мұрағаттық деректер бойынша орташалған мәндер аталған жұмыста алынғандарға қарағанда аса жоғары.

Температура 800°C-ден 1000°C дейін көтерілген кезде үлгілердің массасының көп өзгеруі жүрмейтіндіктен, <12 сағат ішінде 800°C кезінде жыныстан ұшатын құрауыштардың негізгі бөлігі бөлінеді деген қорытынды жасауға болады.

4-кесте.

Жыныс үлгілері массасының өзгеруін салыстыру

Жыныс типі	105°C		600°C		1000°C	
	Мұрағаттық деректер	Алынған деректер	Мұрағаттық деректер	Алынған деректер	Мұрағаттық деректер	Алынған деректер
Алевролиттер	0,33 – 2,28	0,16 – 0,33	3,78 – 8,31	1,71 – 2,98	2,72 – 19,3	2,83 – 7,17
Туфалар а-п	0,21 – 1,55	0,18 – 0,29	2 – 8,9	1,61 – 2,12	2,5 – 10,9	3,03 – 3,64
Туфалар (жанартаулық)	0,35 – 0,76	0,23 – 0,4	1,84 – 3,41	1,93 – 2,99	2,23 – 3,55	2,59 – 3,92
Туфақұмдақ	0,1 – 1,48	0,42 – 0,43	1,03 – 5,12	2,27 – 2,28	1,3 – 17,1	3,21 – 3,21
Гранит	0,14 – 0,25	0,13 – 0,14	1,36 – 3,24	1,29 – 1,30	2,09 – 5,57	1,82 – 1,83

Алынған мәндердің диапазондарын салыстыратын болсақ (4-кесте), алатынымыз – туфалар андезитті-порфиритті, туфақұмдақтар мен туфалар жыныстары үшін барлық үш температура бойынша жабылуы бар – деректер сәйкес келеді. Граниттер үшін тек 105°C кезінде ғана сәйкес келеді. Алевролиттер бойынша деректер тек 00°C кезінде ғана сәйкес келеді. Деректерді кестелік өңдеу көрсеткендей, массаның жоғалу пайызының алынған мәндерінің диапазондарының жабылуы анықтамада 80 % құрайды, ал нақты сәйкес келуі 46 % құрайды.

ТҰЖЫРЫМДАМАЛАР МЕН ҚОРЫТЫНДЫ

Аталған жұмысты жүргізу әртүрлі температура кезіндегі жыныстардың жану пайыздары туралы мәліметтер алуға, сондай-ақ кернді күйдіру кезінде массаның өзгеру сипатын алуға мүмкіндік берді.

Қазіргі уақытта ЖЯЖ эпицентры ауданында жататын жыныстардың қасиеттерін алу нақты бір қиындықтарға байланысты. Біріншіден, олар РФ-ға әкетілген немесе құпиялық ақпараттың ықтимал көзі ретінде көмілген, осыған байланысты жерасты ядролық сынақтарды дайындау уақытындағы құрылымдық ұңғымаларды бұрғылау кезінде іріктеп алынған керннің үлгісі жоқ. Екіншіден, ЖЯЖ қазіргі уақыттағы терең бұрғылау орындарында персонал үшін нақты қауіп төндіреді. Сонымен, ЖЯЖ эпицентрларының ауданында жыныстарға қасиеттері бойынша жеткілікті жақын деп санауға болатын мұрағаттан алынған жекелеген деректер, жыныстардың үлгілері жалғыз ақпарат көзі болуы мүмкін. Аталған жұмыста гидрогеологиялық ұңғымаларды бұрғылау кезінде іріктеп алынған керн үлгілері пайдаланылды және жыныстың жану пайыздарының мәндері алынды.

Тау жыныстары массасын жоғалту туралы аталған жұмыста алынған мәліметтер ЖЯЖ орындарында тау жыныстарына жылулық әсері нәтижесінде тау жыныстарының бос кеңістігін ұлғайтудың бағамдық есептері үшін қолданылуы мүмкін.

Мақала авторлары Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының қызметкерлері А.А.Мельничукке сынама дайындағаны үшін, Н.Н.Лобачеваға зертханалық зерттеулерді жүргізгені үшін және Н.В.Захароваға  өлімін дайындаудағы көмегі үшін алғыстарын білдіреді. Мақаланы дайындаудағы көмегі мен ондағы түзетулер үшін С.Н.Лукашенкоға жеке алғыстарын білдіреді.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. КСРО-дағы ядролық сынақтар. Ядролық сынақтардың мақсаттары, жалпы сипаттамалары, ұйымдастырылуы. – Т. 1. – Саров: ВНИИЭФ, 1997.
2. Андреев А.И. Жерасты ядролық жарылыстардың эпицентралды аймағындағы жылулық ауытқудың байқалуы бойынша таулы массивтен күндізгі жер бетіне газ тәріздес радиоактивті өнімдерінің шығу жерлерін сәйкестендіру / А. И. Андреев // ТОГУ Жаршысы. – 2008. – №1 (8).
3. Ядролық-энергетикалық саланың геологиялық-геофизикалық аспектілері мен таратпау режимі бойынша кешенді ғылыми зерттеулер: ҒЗЖ туралы есеп. – Курчатова, 2011.
4. Субботин С. «Балапан» алаңындағы апаттық сипаттағы үрдістер ағысының мүмкіндігін бағалау/ С.Б.Субботин, С.Н.Лукашенко // Қазақстан радиозкологиясының өзекті мәселелері [Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының 2007-2009 жж. еңбектер жинағы]. – 2-Шығарылым – Павлодар: Баспа үйі, 2010. – Б. 401 – 450.
5. Романенко В.В. «Балапан» алаңындағы газ шығарудың сипатын зерттеу / В.В. Романенко, С.Н. Лукашенко // Қазақстан радиозкологиясының өзекті мәселелері [Қазақстан Республикасы Ұлттық ядролық орталығының 2010 ж. еңбектер жинағы] / жет. Лукашенко С.Н. – Т. 2. – 3 Шығарылым. – Павлодар: Баспа үйі, 2011. – Б. 275– 294.
6. Субботин С.Б. «Сары-Өзен» алаңындағы газ шығаруларды алдын ала тексерулік зерттеу нәтижелері /С.Б. Субботин В.В. Романенко, С.Н. Лукашенко, С.Б. Субботин // Қазақстан радиозкологиясының өзекті мәселелері [Қазақстан Республикасы Ұлттық ядролық орталығының 2010 ж. еңбектер жинағы] / жет. Лукашенко С.Н. – Т. 2. – 3 Шығарылым. – Павлодар: Баспа үйі, 2011. – Б. 251-274.
7. Геологиялық сөздік / ред. А.Н. Криштофович.– Т. I;II. – Мәскеу: ВСЕГЕИ, 1955.
8. Тейлор Р.У. Рио Бланкодағы жарылыс кезіндегі жыныстардағы жылулық эффекттер: [ағылшыннан аударылған] / Р.У. Тейлор, Д.У. Боуен, П.Е. Росслер. – Мәскеу, 1976.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЗОНОСНОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД МЕТОДОМ ОТЖИГА КЕРНА

Романенко В.В., Субботин С.Б.

***Институт радиационной безопасности и экологии НЯЦ РК,
Курчатов, Казахстан***

В статье представлены результаты оценки изменения массы образцов породы при температурной нагрузке в различных режимах. Образцы породы были отобраны в местах проведения ПЯВ. Установлено, что основная масса летучих компонентов выделяется при температурах около 800°C в течение не более 12 часов. Данные исследования являются частью исследований последствий проведения подземных ядерных взрывов на бывшем Семипалатинском испытательном полигоне.

Ключевые слова: Семипалатинский испытательный полигон, керн, пиролиз, потеря массы образца, отжиг.

STUDY OF GAS PRESENCE IN THE ROCK FORMATION BY CORE ANNEALING

V.V.Romanenko, S.B.Subbotin

Institute of Radiation Safety and Ecology NNC RK, Kurchatov, Kazakhstan

The paper presents the assessment of changes in the mass of rock samples with temperature load in different regimes. Rock samples were taken at sites of UNE. It was found that most of the volatile components are released at temperatures of about 800°C for up to 12 hours. These studies are part of research into the consequences of underground nuclear explosions at the Semipalatinsk test site.

Keywords: Semipalatinsk test site, core, pyrolysis, mass loss of the sample annealed.

УДК 504.4.054:541.28:669:539.16

ДЕГЕЛЕҢ ТАУЛЫ МАССИВІНІҢ БЕТКІ АҒЫН СУЛАРЫНДАҒЫ МИКРОЭЛЕМЕНТТІК ҚҰРАМДЫ ЗЕРТТЕУ

Говенко П.В., Амиров А.А., Лукашенко С.Н., Кириллова Т.Г.

***ҚР ҰЯО Радиациялық қауіпсіздік және экология институты,
Курчатов, Қазақстан***

Зерттеудің мақсаты, Дегелең таулы массивінің су нысандарындағы микроэлементтік құрамды қалыптастыратын факторларды анықтау және бағалау, сонымен қатар «Дегелең» алаңының аумағындағы беткі ағын сулармен уытты элементтер мен ауыр металдардың таралу механизмін зерттеу.

Зерттеулер жүргізу үшін келесі нүктелер тандап алынды: №104, 165, 176, 177, 504, 506, 511, 609 су көрініс берген штольнялар. Осының ұзындығы жеткілікті, «Дегелең» алаңының шекараларын кесіп өтетін, штольняға тікелей жақын көздері бар бұлақтар: Байтілес, Ұзынбұлақ, Қарабұлақ бұлақтары және алаңның аумағында орналасқан 12 қайнар.

Судың сынамаларындағы 40-тан аса химиялық элементтердің жалпы құрамы зерттелді және судағы рауалы шоғырланудың рауалы шегіне (ШРШ) қатысты бірқатар элементтердің ауытқулы жоғары құрамы анықталды. ШРШ-ға қатысты құрамның артуы бериллий, молибден және уранға қатысты орын алғаны анықталды. Алынған деректерге сәйкес, «Дегелең» алаңынан тыс жерлерге ауыр металдар мен уытты элементтердің шығарылуы мүмкін.

Кілт сөздер: беткі ағын сулар, штольнялық сулар, бұлақтар, қайнарлар, судың микроэлементтік құрамы, ауыр металдар, Дегелең таулы массиві, ауытқыма құрамы, уран, бериллий, молибден.

КІРІСПЕ

Түрлі жылдар бойында Дегелең таулы массивінің суларындағы радионуклидтік құрамын бағалау бойынша жүргізілген зерттеу жұмыстарының нәтижесінде Семей сынақ полигонындағы (ССП) су нысандарының радиоактивті ластануының қазіргі заманғы көрінісі жайлы жеткілікті мағлұмат алынды [1]. «Дегелең» алаңының су ортасының элементтік құрамы, уытты элементтердің таралу жолдарының бірі ретінде [2], аз зерттелген.

Биологиялық нысандарға әсер етуі бойынша ауыр металдар жоғары уыттылығы мен канцерогенді әсерімен сипатталады және ионды сәуле шығарудың әсері барысында ұқсас зардаптарға алып келетін, жасушалық деңгейде ағзада және гендік ауытқушылық тудырады [3]. Цитогенетикалық зерттеулер барысында хроматидті және хромосомды аберрациялар типінің арақатынасының басымдылығы гендік уытты агенттердің химиялық табиғатына қарай анық түрде біріншісінің екіншісінен басым екенін көрсетеді [4].

Дегелең таулы массивінің жерасты суларының химиялық құрамын зерттеулердің нәтижелері, ауыр металдардың көптеген құрамы түрлі дәрежеде ауызсу үшін бекітілген шекті рауалы деңгейден жоғары екенін көрсетті. Мысалы, судың сынама-

сындағы берилийдің шоғырлануы ауызсуға бекітілген СанЕж/еН нормаларынан бір реттік қатардан жоғары екенін көрсетті [1, 5].

Авторлардың жұмыстарында [6] су нысандарынан бірқатар химиялық элементтерді ауытқымалы жоғары құрамы анықталды, оның ішінде бериллий, марганец, молибден «Дегелең» алаңының су шыққан штольняларында көрініс берді. Сонымен бірге, аридті климат үшін орташа мәнде Дегелең таулы массивінің табиғи суларындағы микроэлементтердің шоғырлануы жайлы қорытынды жасалды, және бұл ауызсуға арналған ШРШ мәндерінің жоғарылауына байланысты өте маңызды.

«Дегелең» сынақ алаңы жұмыс жасаған кезеңде ағынсу 50-ден аса штольняларда байқалды. Дегелең таулы массиві Ертіс өзенінің сол жақ жағалауының аймақтық гидрогеологиялық жүйесінің құрамына енеді, атмосфералық жауын-шашындардың инфильтрациясы есебінен жерасты суларының тасымалдау және қоректену аумағы болып табылады және тектоникалық сызаттар мен тереңдіктегі омырылулар жүйесіндегі аймақтық жерасты суларымен бірге байланысқан сызаттар жүйесі бойынша жылыстай отыра сызаттық сулар құрайды. «Дегелең» алаңының жербеткі ағынсуларының ластануы мен құрамының қалыптасу механизмін зерттеу үшін су көрініс берген штольняларды мониторингілеуді жалғастыру және таулы массивтің су тұнған көкжиегі арқылы жүктемелеу жүретін қайнарлар мен беткі ағынсулардағы сулардың химиялық құрамын зерттеу қажет болды [7].

Бұлақтар жерасты суларының жербеткі қабатына шығар көздері болып табылады. Олардың түзілуі жергілікті жердің геологиялық-құрылымдық ерекшеліктерімен (сызаттардың, тектоникалық бұзылған аймақтардың, ақтарылған және тұнбалы жыныстардың байланысы болуы); сутұнған жыныстардың әркелкілігімен және басқа да факторламен шартталған. «Дегелең» сынақ алаңының зерттеу нәтижелері бойынша шамамен 20 тұрақты ағып жатқан бұлақтар анықталды.

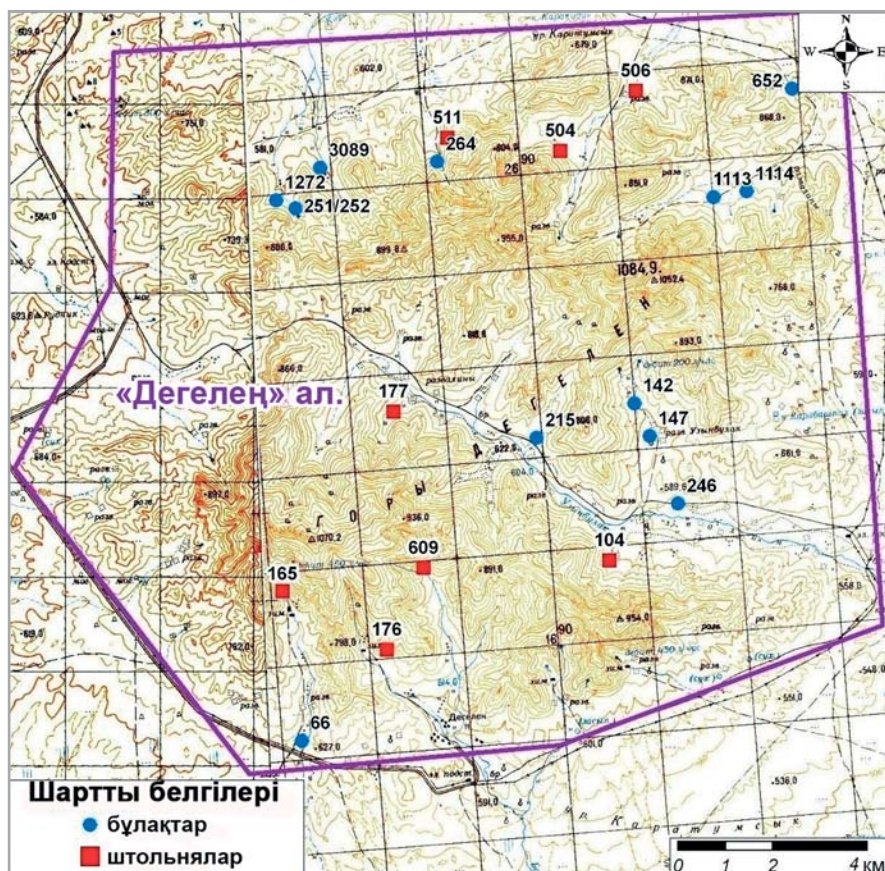
Бұлақтардың дебиттері 0,5 – 0,6 до 1000 дм³/мин шегінде құбылады. Одан жоғары суы мол бұлақтар 545 – 650 м биіктікте орналасқан. Олар негізгі сутұнған омырылулармен байланысты және сызаттық-желілік суларды жүктемелеу бекеттері болып табылады. Бұлақтардың бір бөлігі топырақасты сулармен байланысты. Сонымен қатар маусымдық режимдегі бұлақтардың үлкен мөлшері (шамамен 30) байқалады [8].

Бұлақтардың суларының химиялық құрамын зерттеу, беткі ағындағы құрамды тікелей көрсетеді. Осылайша, ССП-ғы су ортасының экологиялық-геохимиялық ерекшеліктерін анықтау, арнайы назарды талап ететін ядролық сынақтар өткізілетін жерлердің зардаптарын зерттеу маңыздылығы төмен емес мәселе болып табылады.

1. ТӘЖІРИБЕЛІК БӨЛІГІ

1.1. Судың сынамаларын іріктеу

Штольнялық суларды іріктеу 2011 жылдың мамыр айының басында №104, 165, 176, 177, 504, 506, 511, 609 штольнялардан беткі қабатқа ағын сулардың шыққан жерлерінде бірқабат жүргізілді. 1-суретте, «Дегелең» алаңындағы штольнялық және бұлақ суларының сынамаларын іріктеп алу нүктелерінде тіркелді. 2-суретте №511 су көрініс берген штольнялардың фотосуреттері берілген.



1-Сурет. Шtolьялық және бұлақ суларының сынамаларын іріктеу сұлбалары

Ұзынбұлақ (3-сурет), Байтілес және Қарабұлақ бұлақтарының суларынан сынамаларды іріктеу бұлақтардың бастауларынан басталған нүктелерде жүргізілді (5, 7-суреттер).

Судың сынамалары «Беткі қабаттағы және теңіз сулары, мұз және атмосфералық жауын-шашындардың сынамаларын іріктеуге қойылатын жалпы талаптар» МемСТ 17.1.5.05-85 сәйкес көлемі 1л болатын талдамалардың тазалығын қамтамасыз ету үшін бұралатын қақпағы бар полипропилен үлкен шөлмектерге іріктеліп құйылды. Сынамаларды іріктеу барысында келесі операциялар жасалды: «ақ лента» қағаз сүзгісі арқылы механикалық қоспаларды ажырату мақсатында суларды сүзгілеу, 1л сынамаға HNO_3 3 мл есептеуден «осч» маркасының шоғырландырылған азотты қышқыл (HNO_3) қосылған сынамалар алынды. Консервациялау және сүзгілеу жұмыстары судың сынамалары алынған жерлерде жүргізілді [9].



2-Сурет. № 511 штольня ағынсуының шығуы



3-Сурет. Ұзынбұлақ бұлағы

Судың сынамаларын тікелей талдама жасаудан бұрын дайындау жұмыстары келесідей жүргізілді: көлемі 20 мл аликвота сынамасы 1:5 арақатынаста араластырылды, алынған ерітіндіден қызығушылық туғызған элементтердің құрамы анықталды.

1.2. Аналитикалық жұмыстарды өткізу

ИСП-МС және ИСП-АЭС әдістермен уытты элементтердің құрамы анықталды. «Perkin Elmer SCIEX» фирмасының квадруполды Elan 9000 масс-спектрометрі компьютермен және арнайы бағдарламалық қамтамасыз етуші жиынтығымен, стандартты шашыратқыш Скотта камерасымен көлденең-ағынды шашыратқышымен және бір коллекторлық екі сегментті иондар детекторымен (динамикасыз реакциялық ұяшықтарымен) микроэлементтер құрамын анықтау үшін қолданылды. Элементтердің макромөлшерлері Thermo Scientific фирмасының iCAP 6300 Duo оптикалық атомдық-эмиссионды спектрометрдің көмегімен анықталды, циклонды шашыратқыш камерамен көлденең-ағынды шашыратқышымен және CID жартылай өткізгіш детекторымен, компьютермен және арнайы бағдарламалық қамтамасыз етуші жиынтығымен жаракталды [7].

Калибрлеу кестелерін құру үшін мультиэлементті стандартты үлгілер қолданылды, олар ҚР МӨҚ тізілімінде № KZ.03.02.00902-2010, KZ. 03.02.00901-2010 тіркелді. Өлшеу сапасын бақылау калибрлеу ерітіндісін өлшеу жолымен әрбір 10 сынама сайын жүргізілді. Калибрлеудің нәтижесі қанағатсыз болған жағдайда (калибрлеу кестесінің 8-10% ауытқуы) аспапты қайта калибрлеу жұмыстары жүргізілді.

Элементтердің құрамын анықтау ISO 17294-2:2003 (E) «Судың сапасы. Индуктивті-байланысқан плазмалы (ИСП-МС) масс-спектрометрияны қолдану. 2-Бөлім: 62 элементті анықтау» (мемлекеттік тіркеу нөмірі 022/10505, 27.12.05ж.) әдіс-темелеріне сәйкес жүргізілді.

Элементтердің құрамын анықтау әдістемеге сәйкес жүргізілді. Төменде химиялық элементтерді анықтаудың рауалы шегі келтірілген (1-кесте).

1-кесте

Анықтаудың рауалы шегі (3-сигма критерийлер), мкг/л

Элемент	Анықтау шегі	Элемент	Анықтау шегі	Элемент	Анықтау шегі
Ag	0,0005	Nd	0,002	Lu	0,0005
Al	0,006	Ni	0,005	Mg	0,007
As	0,006	Pb	0,001	Mn	0,002
Ba	0,0005	Pr	0,0004	Sm	0,001
Be	0,003	Re	0,0006	Sr	0,0008
Bi	0,0005	Se	0,06	Tb	0,0005
Ca	0,05	Er	0,0008	Tl	0,0003
Cd	0,003	Fe	0,005	Tm	0,0003
Ce	0,0004	Gd	0,002	U	0,0001
Co	0,0002	Ho	0,0005	V	0,002
Cr	0,02	Mo	0,003	Y	0,0009
Cs	0,0005	K	0,010	Yb	0,001
Cu	0,003	La	0,0005	Zn	0,003
Dy	0,001	Li	0,0004		

2. НӘТИЖЕЛЕР ЖӘНЕ ТАЛҚЫЛАУЛАР

2.1. Штольнялық сулар

Төмендегі 2-кестеде 2010 және 2011 жылдардағы штольнялық суларды талдамалаудың салыстырмалы нәтижелері келтірілген. 2010 және 2011 жылдары сынамаларды іріктеп алу сол бір нүктелерде (ағынсудың беткі қабатындағы жерлерінде), шамамен сол бір жылдары жүргізілді. Бағдарлы шама ретінде кестеде анықталатын элементтердің шектеулігі рауалы шоғырлану мәндері келтірілген [5].

2-кесте

2010 және 2011 жылғы «Дегелең» алаңындағы штольнялық суларды талдамалау нәтижелерінің жиынтық кестесі, мкг/л

Элемент	Іріктеу нүктесі																Суға арналған ШПШ [5]
	104		165		176		177		504		506		511		609		
	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011	
Al	200	200	<0,5	6	<0,5	30	<0,5	24	18000	24000	15	30	900	500	12	180	500
Li	70	120	60	60	30	40	50	90	120	300	10	17	70	90	50	50	30
Be	5,7	8	0,6	0,5	0,5	0,6	1,3	1,4	270	400	0,8	0,7	90	70	3	2,5	0,2
Mn	41	5	1,2	0,8	1,5	1,2	<0,2	2,5	0,11*10 ⁶	>2*10 ⁶	182	150	10180	6700	146	37	500
Zn	40	25	32	28	30	37	49	52	11000	11000	11	42	3770	1950	7	15	5000
Sr	480	421	317	324	156	164	380	470	760	800	690	670	385	306	170	175	7000
Mo	550	880	65	95	175	220	660	678	<0,3	2,5	10	10	0,82	2	165	204	250
Cd	1,25	1,70	<0,3	<0,3	1,0	<0,3	<0,3	1,3	30	30	<0,3	<0,3	9	6	<0,3	<0,3	1
Cs	1,4	2,4	1,4	1,5	1	0,8	0,15	0,1	6	7	<0,05	<0,05	3,5	3,8	1,2	1,3	-
La	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	400	300	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-

Элемент	Іріктеу нүктесі																Суға арналған ШРШ [5]
	104		165		176		177		504		506		511		609		
	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011	
Ce	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	900	600	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-
Pr	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	90	70	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-
Nd	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	280	240	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-
Sm	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	60	60	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	24
U	2000	900	2600	800	1000	300	2000	700	4000	800	80	17	600	140	1000	300	15

Штольня суларындағы As, Se, Ag, Tl секілді элементтердің құрамы анықтау шегінен төмен деңгейде жатқанын атап өту керек. Кестеде негізінен уыттылығы жоғары және уыттылығы бірқалыпты элементтер бойынша алынған деректер көрсетілген. Суда натрий, кальций секілді уыттылығы аз эссенциалды элементтердің құрамы зерттелді, алайда кестеде көрсетілмеген, себебі ШРШ деңгейіне сәйкес келеді.

Штольнялық сулардың химиялық құрамы негізінен, кейбір элементтердің шоғырлануындағы ауытқушылықтарға қарамастан бастапқы күйінде қалған. Штольнялық суларда анықталмаған элементтердің айқын көріністері байқалмайды мысалы, №104, 165, 176, 177, 506, 511, 609 штольнялардағы сирек жер элементтері үшін анықтау шегінен бастапқыдай төмен күйінде қалып отыр. Уран, бериллий, литий, молибден секілді элементтер үшін жоғары шоғырлану орын алып отыр.

Бериллийдің шоғырлануы бірқатар жағдайда (№104, 176, 504 штольнялары үшін) 2010 жылдармен салыстырғанда 20-30% ұлғайғаны, және 10-20% төмендегені (№511, 609 штольняларда) байқалады. Штольнялық суларда литий мен молибденнің құрамы 2010 жылмен салыстырғанда бірқатар жағдайда бірліктен ондаған пайызға дейін ұлғайғауы көрініс алды. Алайда, шоғырлану мәні 2010 жылғы қатармен салыстырғандағы деңгейде қалғаны байқалады, бұндай өзгерістер қалыпты жағдай және уақыт бойында жерасты суларының химиялық құрамының тұрақсыздығымен байланысты.

2010 жылмен салыстырғанда штольнялық сулардағы уранның шоғырлануы едәуір, орташа есеппен 3,5 есеге азайды. Бұндай өзгеріс жерасты суларының атмосфералық жауын-шашындармен толығымен байланысты, олар өз кезегінде жерасты сулары ортасының реакциясын бейтарап жағына қарай ығыстырады, және тиісінше уранның сілтіленуі әлсіздеу өтеді – 2010 жылға қарағанда 2011 жылы атмосфералық жауын-шашындармен жерасты суларының толығы жоғарырақ болған деген болжам бар. Тағы бір себебі штольняның суының дебиті әртүрлі болуына байланысты да болуы мүмкін. Төмен дебит болған жағдайда элементтердің шығуы азаяды, ол олардың судағы шоғырлануында көрініс береді.

№504 штольняның суын талдамалаудан лантан тобының элементтері, марганец, алюминий, мырыш ауытқымалы құрамының бар екенін көрсетті. 2010 мен 2011 жылдардың дерегін негізге ала отырып, жерасты суларының қозғалысы саласында және олардың беткі қабатқа шыққанға дейін белгілі бір геологиялық дененің орналасқаны жайлы болжам жасауға болады, оның химиялық құрамы жайлы штольнялық судың талдамалық деректері бойынша ғана айтуға болады.

2.2. Қайнарлар

Төменде келтірілген кестеде (3-кесте) «Дегелең» алаңындағы қайнарлардың суларының нәтижелері келтірілген. Ag, As, Bi, Cd, Co, Cr, Cs, Cu, Ni, Re, Se, Tl, V, Y элементтерінің құрамы анықтау деңгейінің шегінде орналасқан. Лантан қосымша топтарының элементтері 251/252 қайнарларда анықталды, атап айтқанда La мен Ce шоғырлануы сәйкесінше 7 мкг/л және 8 мкг/л құрайды.

Төменде келтірілген деректерден қайнардың суындағы көптеген элементтердің ШРШ деңгейімен тең екендігі көрінеді, немесе анықтау деңгейінен төмен, алайда литий, бериллий және уран секілді элементтердің шоғырлануы жоғары болып қалады. Салыстыру үшін таулы аумақтың таужазықтық ландшафтындағы жерасты суларының (ЖС) орташа химиялық құрамы келтірілді [2].

3-кесте

2010 және 2011 жылғы «Дегелең» алаңындағы қайнардағы суларды талдамалау нәтижелерінің жиынтық кестесі, мкг/л

Элемент	Іріктеу нүктесі												Суға арналған ШРШ [5]	Таулы аумақтағы ЖС [2]
	264	3089	1272	251/252	215	142	147	246	66	652	1113	1114		
Mg	18000	7000	5000	3000	5000	16000	15000	20000	12000	7000	13000	8000	67500	11300
K	1800	1300	400	600	800	2200	1900	1900	700	900	900	700	17300	2310
Ca	60000	29000	18000	15000	22000	80000	70000	90000	50000	24000	50000	29000	111000	45600
Al	110	70	130	120	400	160	100	110	90	180	90	100	500	270
Li	90	9	12	8	12	24	30	18	13	8	50	8	30	11,7
Be	2,1	<0,05	1,6	2,1	16	<0,05	1	<0,05	<0,05	2,9	2,3	0,2	0,2	<0,4
Mn	60	<2,5	6	5	28	120	70	7	27	7	8	15	500	21,1
Fe	300	<30	<30	<30	<30	800	<30	<30	<30	<30	<30	<30	1000	-
Zn	180	30	20	26	160	160	60	60	19	27	20	30	5000	27,1
Sr	400	300	220	18	230	900	800	1100	600	400	400	400	7000	196
Mo	30	60	12	7	<1,5	21	27	<1,5	2,5	18	6	<1,5	250	2,9
Ba	40	40	28	27	40	70	70	70	60	21	21	23	100	11,8
La	<0,5	<0,5	<0,5	7	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5		-
Ce	<0,5	<0,5	<0,5	8	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5		-
Pb	2,1	<1	<1	<1	<1	5	3	<1	<1	<1	<1	1,6	30	3,2
U	400	2,2	1,8	1	0,5	40	60	2,6	2,3	7	250	3	15	5

«Дегелең» алаңының солтүстік бөлігінде жатқан 264 қайнардың суында литийдің шоғырлануы жоғарылағаны анықталды (ШРШ 3 есеге артқан). Сонымен қатар тритийдің жоғары құрамы 147 қайнарда («Дегелең» алаңының солтүстік-шығыс бөлігінде) және 1113 («Дегелең» алаңының батыс-шығыс бөлігі) анықталды.

Бірқатар қайнарлардың (264, 1272, 251/252, 215, 147, 652, 1113, 1114) суларында бериллийдің жоғары құрамы байқалады. Элементтің шоғырлану мәні ШРШ деңгейінен ондаған есеге жоғары. Аталған элементтің барлық қайнарларда айқындалуы, геологиялық деректер бойынша бериллий Дегелең таулы массивіне тән элементтердің бірі болуына байланысты. Бериллийдің минерализациясы хризоберилл мен бериллий

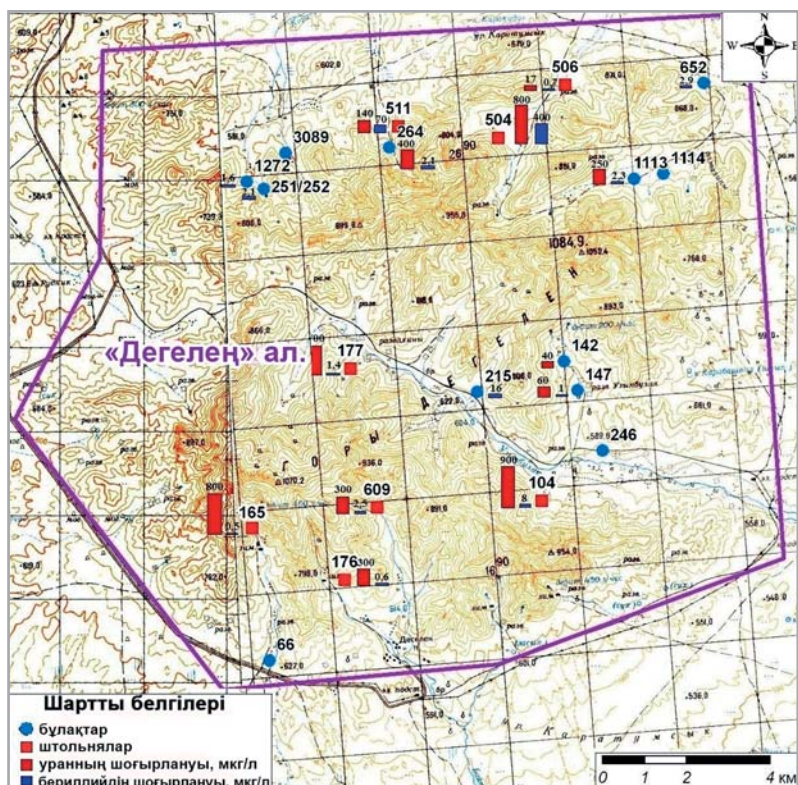
құрамды везувиан түрінде келтірілген, басқа бериллий минералдары аз мөлшерде кездеседі [6].

Бұлақтарға жақын жерден тікелей алынған қайнарлы суларда уранның құрамының ШРШ деңгейінде жатыр (Қарабұлақ бұлағы –3089, 1272, 251/252 қайнарлар; Ұзынбұлақ бұлағы –215, 246 қайнарлар; Тақтакүшік бұлағы – 66 қайнар), ол жердегі қайнарлар мен бұлақтар коректенудің түрлі көздерінен тұрады.

Төмендегі 4-суретте, штольнялық және қайнарлық сулардың сынамаларында уран мен бериллийдің шоғырлану мәні ШРШ құрамынан жоғары деңгейде берілген.

1113 және 1114 қайнарлардан алынған сулардың талдамасында судың сынамасындағы химиялық құрамның әртүрлі екенін байқатады. 1113 қайнар уран (250 мкг/л) мен бериллийдің (2,3 мкг/л) жоғары құрамымен, сонымен қатар литийдің де жоғары құрамымен ерекшеленеді. Бұл аталған нүктелерде жоғары жаққа шығып жатқан жерасты суларын қамтамасыз етудің түрлі жүйесі бар екенін көрсетеді.

Зерттелген қайнарлы сулардың химиялық құрамы таулы аумақтың таулы-далалық ландшафтың жерасты суларынан ерекшеленеді [2], «Дегелең» алаңының қайнарлы суларындағы Mg, Mn, U, Ca, Li, Zn, Mo, Sr, Ba секілді элементтердің құрамы 40 – 100% (Ba) жағдайында таулы аумақтағы жерасты суларындағы құрамының орташа мәнінен жоғары. Молибденнің құрамы 12 зерттелген қайнардың 8-де орташа мәннен (2,9 мкг/л) жоғары.



4-Сурет. U және Be құрамы ШРШ асатын телімдер

Бұны Қаражал кенорнындағы шор тастың сирекметалды және полиметалды рудалануымен түсіндіруге болады, олардың түзілуі Дегелең гранитті массивімен байланысты және күрделі көпфазалы процестің әсері болып табылады.

Дегелең массивін түзетін гранитті интрузия болжаммен сирек металдардың қосылу көзі болғандығына граниттік массивтің грейзендерінде вольфрамит, бериллий және молибдениттің құрамының болуы дәлел [10].

2.3. Бұлақтар

2.3.1. Ұзынбұлақ қайыңы

Ұзынбұлақ бұлағының суын зерттеу нәтижесінде, суға арналған шектеулі рауа-лы шоғырланудағы бериллий мен уранның жоғары құрамы анықталды. Төмендегі 5-суретте суды іріктеу нүктелеріндегі бериллий мен уранның шоғырлану құрамы көрсетілді.

Төмендегі 4-кестеде, Ұзынбұлақ бұлағы суларының талдау нәтижелері көрсетілген. Өзеннің табиғи тұщы суларының химиялық құрамы салыстыру үшін берілген (Зука, 1972) [2].

4-кесте

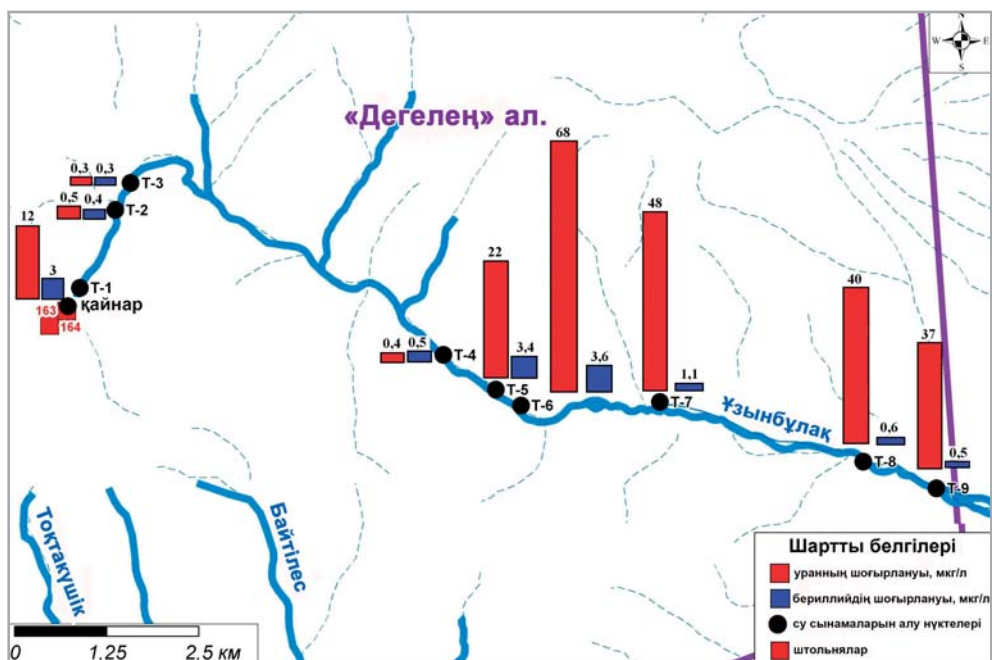
Ұзынбұлақ бұлағының суларын талдамалау нәтижелері, мкг/л

Элемент	Іріктеу нүктесі									суға арналған ШРШ [5]	Өзен сулары [2]
	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6	T-7	T-8	T-9		
Al	273	14	14	8	175	194	9	53	17	500	480
Li	12	6,5	6	9	12	14	16	25	24	30	4,6
Mn	5,6	1,1	1,1	1,2	36	30	8,1	104	58	500	45
Ni	0,8	0,8	0,9	<0,5	1,2	1,7	0,8	2	1,7	100	5,5
Cu	2,4	2,5	1,5	0,5	0,6	0,8	0,7	1,2	1,9	1000	11,4
Zn	12	6,2	4,4	1	64	129	4,2	5,5	9	5000	73,6
Sr	133	176	185	246	246	263	554	755	725	7000	211
Mo	45	22	21	12	10	11	11	13	15	250	1,3
Ba	13	22	23	19	30	30	34	40	39	100	34,9

Ұзынбұлақ бұлағының суларындағы As, Se, Ag, Tl, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Co, Cd, Cs, Re секілді элементтердің құрамы анықтау шегінен төмен деңгейде жатыр.

Бастау бұлақтарында бериллий мен уранның жоғары құрамы байқалады, алайда ағым бойымен T-2, T-3 нүктелерінде осы элементтердің шоғырлануының кенеттен төмендеуі байқалады. T-2 нүктесінде уранның құрамы 20 есеге, ал бериллийдің құрамы 8 есеге төмендейді.

Сонымен қатар, T-5, T-6 нүктелерінде барлық дерлік элементтердің (оның ішінде бериллий, уранның) едәуір шоғырлануы байқалады. Себебі T-4 және T-6 нүктелері арасында ешқандай беткі ағын болмағандықтан, Ұзынбұлақ бұлағының микроэлементтік құрамының қалыптасуының екі көзі бар деп сеніммен айтуға болады. Уытты уран мен бериллийдің жоғары құрамы тән басқа микроэлементтік құрамы бар жерасты көздері түрінде жол табуы мүмкін. Сонымен бірге бұлақ суының бойымен бірге оның химиялық құрамының қалыптасуының басқа көздері болмаған жағдайда T-2, T-3 нүктелерінің суындағы құрамына сәйкес болуы мүмкін деп болжауға болады.



5-Сурет. Ұзынбұлақ бұлағындағы Ве және U құрамы

2.3.2. Байтілес бұлағы

Төмендегі кестеде (5-кесте) Байтілес бұлағының суын талдамалау нәтижелері келтірілген. Судың сынамалары іріктеліп алынған нүктелердегі бериллиймен уранның шоғырлануы 6-суретте келтірілген.

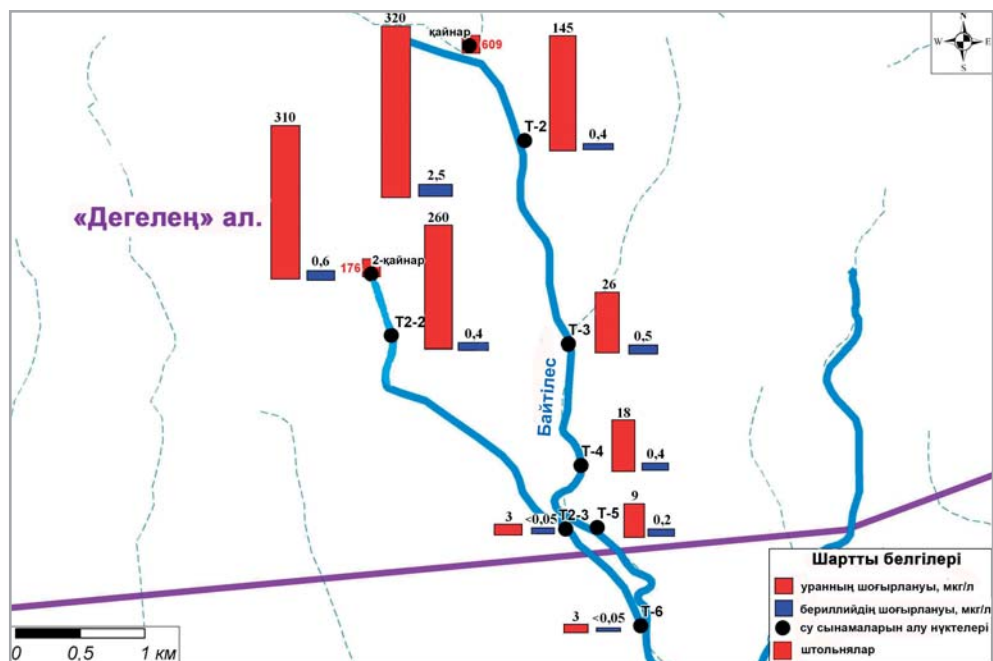
5-кесте

Байтілес бұлағының суын талдамалау нәтижелері, мкг/л

Элемент	Іріктеу нүктесі									Суға арналған ШРШ [5]	Өзен сулары [2]
	Бастау	T-2	T-3	T-4	T-5	Бастау 2	T-2-2	T-2-3	T-6		
Al	180	26	9	8	5	34	23,5	3	74	500	480
Li	54	36	20	17	13	42	39	10	9	30	4,6
Mn	37	2,5	1,7	1,6	2,5	1,2	3,5	3	57,5	500	45
Fe	334	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	450	1000	391
Ni	<0,5	0,9	0,9	1,0	1	0,4	1,0	1,6	0,8	100	5,5
Cu	2,2	3,8	1,6	1,8	1,7	1,5	4	16	1,8	1000	11,4
Zn	15	11	1,9	4,5	1	37	18	5	38	5000	73,6
Sr	175	178	218	213	260	164	167	323	335	7000	211
Mo	204	168	108	97	71	220	213	14	20	250	1,3
Ba	2,7	13	15	16	17	4	7	27,5	31	100	34,9

Бастаулардан алынған, 609-шы («Бастау» нүктесі) және 176-шы штольнялардан бастау алатын («Бастау-2») судың талдамаларында, аталған нүктелердің беткі қаба-

тына шығып жатқан судың химиялық құрамының айырмашылығын көруге болады. «Бастау-2» нүктесінде «Бастау» нүктесімен салыстырғанда алюминий, бериллий, марганец, темірдің құрамының төмен болуымен ерекшеленеді, алайда молибден мен уранның құрамы шамамен бір деңгейде орын алған (молибден үшін шамамен 200 мкг/л және уран үшін 300 мкг/л). Бастаулардағы молибден мен уранның шоғырлануы басқа нүктелерден іріктеліп алынған сулармен салыстырғанда максималды түрде. Бастаулар мен Т-2, Т-2-2 нүктелеріндегі литийдің шоғырлануы суға арналған ШРШ деңгейінен жоғары, одан ары қарай судағы литийдің құрамы төмендейді, алайда өзеннің табиғи тұщы суларымен салыстырғанда жоғары болып қалады [2]. Байтілес бұлағының суындағы стронцийдің құрамы ШРШ деңгейінен аспайды, алайда басқа элементтермен салыстырғанда стронцийдің шоғырлануы бастаудың бойымен төмен қарай ұлғая бастайды және Т-5, Т-2-3 мен Т-6 (260, 323, 335 мкг/л сәйкесінше) нүктелерінде максималды мәнге ие болады, бұл өзеннің табиғи тұщы суларымен салыстырғанда бірнеше есе жоғары (211 мкг/л).



6-Сурет. Байтілес бұлағындағы Ве және U құрамы

«Дегелең» сынақ алаңынан тыс жерде орналасқан Т-6 нүктесі, екі ағын сулардың құйылысы болып табылады. Аталған нүктеден іріктеліп алынған судың талдамаларынан, екі бастаудың бұлағының ластануына үлес қосуына қарамастан уран мен бериллийдің болмашы құрамы орын алғанын көрсетеді. Байтілес бұлағының суындағы элементтердің таралу сипаты Ұзынбұлақ бұлағындағы элементтердің шоғырлануының өзгерісіне ұқсас, атап айтқанда бастаудан басталған арақашықтық ұлғайған сайын элементтердің шоғырлануы біртіндеп төмендей береді.

Осылайша, «Дегелең» сынақ алаңынан тыс жерлерге №609 және №176 штольнялардан Байтілес бұлағының ағынуларымен ауыр металдар мен химиялық уыттардың шығарылуын жедел бақылауға алу үшін Т-6 нүктесіне тұрақты мониторинг жүргізіп отыру жеткілікті болып табылады.

Лантан қосымша тобы элементтерінің құрамы (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu), сонымен қатар Ag, Co, Se, As, Cd, Cs, Re, Tl, V, Cr элементтері анықтау шегінің төменгі деңгейінде жатыр.

2.3.3. Қарабұлақ бұлағы

Қарабұлақ бұлағының суын талдамалау нәтижелері төмендегі 6-кестеде келтірілген.

6-кесте

Қарабұлақ бұлағының суын талдамалау нәтижелері, мкг/л

Элемент	Іріктеу нүктесі								Суға арналған ШРШ [5]	Өзен сулары [2]
	Бастау	T-2	T-3	T-4	Бастау 2	T-2-2	T-6	T-5		
Al	13	13	11	6	84	12	4	12	500	480
Li	21	7	7	12	2	4	15	15	30	4,6
Mn	2	1,6	0,8	29	2,8	1,6	5	1,5	500	45
Ni	0,8	0,7	0,6	1,1	1,2	0,9	1,4	1,4	100	5,5
Cu	1,5	1,1	0,73	1,1	1,6	1,1	0,9	1,1	1000	11,4
Zn	3,5	3,7	1,2	3,7	6,5	2,5	2	4,3	5000	73,6
Sr	260	250	274	445	118	136	500	536	7000	211
Mo	275	44	19	4	7	5	11	20	250	1,3
Ba	21	16	19	32	12	10	30	28	100	34,9

Қарабұлақ бұлағының сулары іріктеліп алынған нүктелерде бериллий мен уранның шоғырлануы 7-суретте көрсетілген.

Бастауын 150-ші («Бастау» нүктесі) және 151-ші штольнялардан («Бастау 2») алатын сулардың талдамасынан бериллий мен молибденнің құрамының жоғары екенін көрсетеді. Алайда, «Бастау 2» нүктесінің суындағы уранның құрамы болмашы деңгейде орын алған және бұлақ суының уранмен ластануына өз үлесін қоспайды. Бұлақ суының уранмен ластануына негізгі үлесті 150-ші штольняның ағын суы қосады.

«Қаражал» кенорнының аумағынан (Т-5) іріктеліп алынған судың сынамаларын талдамалаудан, уран мен молибденнің жоғары құрамы орын алғанын анықтады, бұл бұлақ суының ағыны бойымен ластанудың таралуына өз үлесін қосуы мүмкін, алайда бұл жағдайда аталған бұлақты арна бойымен толықтай зерттеп шығу қажет.

Қаражал кенорнының негізгі молибденді минералы молибденит (MoS_2) болып табылады, ол ұсақ пластиналы кристалдарды құрайды, және жыныс бойымен әркелкі тараған, сонымен қатар микроскопиялық жеңіл анықталады. Жербеткі аймақта молибденит вульфенитке $\text{Pb}[\text{MoO}_4]$ ауысады, ол қабыршақ түрінде сызаттарда немесе ұяшықтарда флюорит және хризоклламен ассоциациялық түрде кездеседі. Магнетитті шор таста вульфенит ауыр фракцияның негізгі массасын құрайды [10].

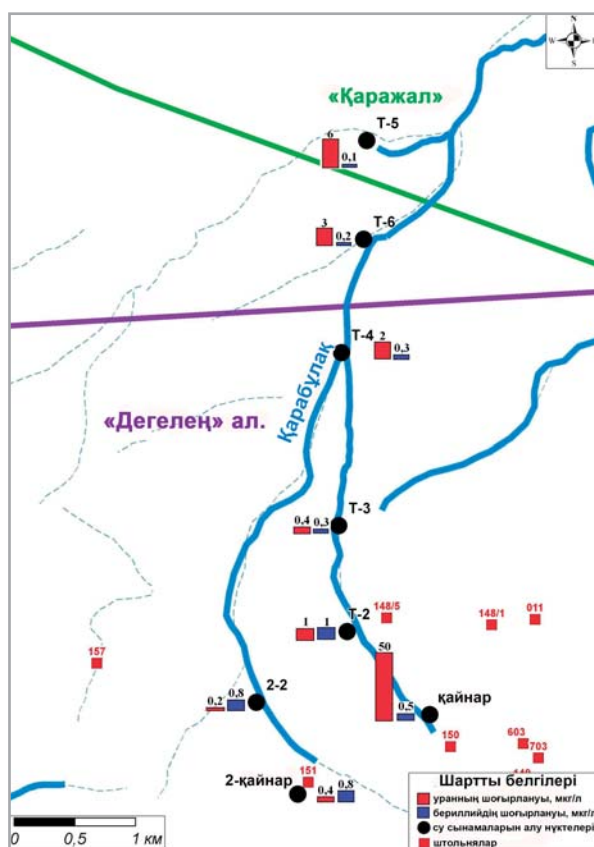
«Дегелең» алаңының шекарасындағы (Т-6) Қарабұлақ бұлағының суында уранның құрамы ауызсуға қойылатын талаптарға сәйкес келсе де, бериллийдің жоғары құ-

рамының шоғырлануы көптеген іріктеу жасалатын жерлерде ШРІШ деңгейінен 2 және одан жоғары есеге жоғары екенін ескеру қажет (7-сурет).

Лантан қосымша топтарының элементтерінің шоғырлануы (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu), сонымен қатар Ag, Co, Se, As, Cd, Cs, Re, Tl, Y элементтері анықтау шегінің төмен деңгейінде орын алған.

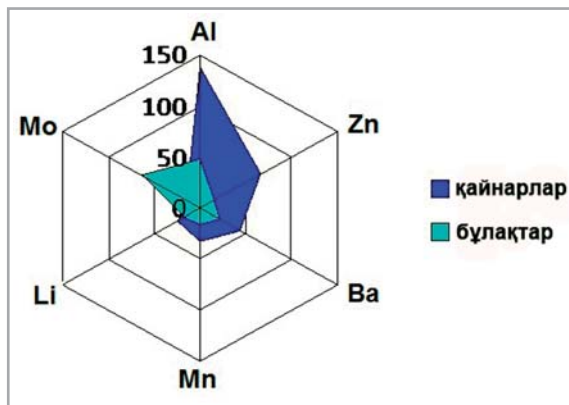
Жапырақты диаграмма (8-сурет) дөңгелек диаграмма типі ретінде және «Дегелең» алаңында орналасқан қайнарлар мен бұлақтардың суларындағы элементтердің орташа құрамы жайлы деректерді салыстыру үшін пайдаланылды.

Диаграмма деректердің қатарындағы әрбір нүктеге арналған өзектен тұрады (элементтің шоғырлануы), және барлық өзектер орталықтан тарайды, өзектер бойымен 0-ден 150 мкг/л дейінгі аралықта элементтердің орташа шоғырлану мәні 50 мкг/л тең минималды бөлгіштерімен бөлшектенген. Әрбір элемент үшін орташа шоғырлану қайнар суларында барлық зерттеу нүктелеріндегідей орташа арифметикалық құраммен анықталған, барлық бұлақтардың суларындағы элементтердің орташа құрамы осыған ұқсас анықталды.



7-Сурет. Қарабұлақ бұлағында Be және U құрамы

Дегелең таулы массивінің бұлақтары мен қайнарларындағы сулардың орташа химиялық құрамын салыстыру барысында, қайнардың суларында макроқұрауыштар ғана емес, микроқұрауыштардың да көпшілігінде жоғары құрамы орын алғаны байқалады, ал бұлақтардың сулары көп жағдайда жербеткі тұщы сулармен араласады [2]. Штольняларға жақын орналасқан Байтілес және Қарабұлақ бұлақтарында, бастаулардағы жоғары құрамының үлес қосуы есебінен бұлақтың суларындағы молибденнің шоғырлануы жоғары деңгейде орын алуы ғана ерекше жағдай болып табылады.



8-Сурет. Дегелең массивіндегі қайнарлар мен бұлақтардың суындағы кейбір элементтердің құрамы, мкг/л

ҚОРЫТЫНДЫ

Тәжірибелік деректерге сәйкес, штольнялық сулардың химиялық құрамы көптеген уақыт бойында тұрақты болып табылады. Мысалы, бериллийге және лантан қосымша тобының элементтеріне қатысты жағдайда, штольняның суындағы шоғырланудың өзгерісі 30%-дан жоғары емес, бұндай өзгерістер табиғи және жерасты суларының атмосфералық жауын-шашындармен анда-санда қоректенуімен байланысты.

Қайнарлардың суының химиялық талдамалаудың нәтижелерінен, уран, бериллий және литий секілді элементтердің шоғырлануы жоғары екенін байқатты.

Ұзынбұлақ, Қарабұлақ және Байтілес бұлақтарының суларындағы химиялық құрамды зерттеу барысында Байтілес бұлағындағы уран, молибден, бериллий, сонымен қатар литийдің жоғары құрамы анықталды. Алынған деректерге сәйкес, уран және бериллий секілді элементтердің шоғырлануы бастаудан 300 метрге дейінгі аралықта едәуір төмендейді.

Дегелең таулы массивінің геологиялық құрылымының ерекшеліктеріне әсер етуі кейбір микроэлементтердің қомақты түрде шоғырлануынан және полигон аумағындағы түрлі пайдалы қазбалардың кенорындары болу дерегінен көрінеді. Геологиялық түзілу құрамына тән элементтерге бериллий, уран және молибден жатады, сол себепті таулы массивтің беткі ағын суларының және қайнарларының химиялық құрамы жоғары болуымен ерекшеленеді.

Бұлақтардың суларындағы стронцийдің шоғырлануы ШРШ деңгейінен аспайды, алайда көптеген нүктелерде өзеннің табиғи тұщы суларындағы құрамынан 2-3,5 есеге жоғары. Басқа элементтерге қарағанда стронцийдің шоғырлануы бастаудан ағын бойымен төмен қарайғы бағытта ұлғая бастайды.

Зерттеу барысында алынған деректерден, арна бойымен бұлақтардың қоректенуі түрлі көздер арқылы өтетеіні, және олар бір-бірінен судың химиялық құрамымен ерекшеленеді. Арна бойымен төменге қарай элементтердің шоғырлануының азаюы шамамен аталған элементтердің арнаның топырағының, бұлақтың су өсімдіктерінің, түптік шөгінділердегі тұнбалардың сіңіруімен байланысты. Бұндай болжамды нақтылау үшін және топырақтың ластануының қалыптасу механизмін анықтау үшін қосымша зерттеулер қажет.

Айтылғандарды қорытындылай отыра, «Дегелең» алаңының ластануына шотольнялық сулар мен қайнар сулары өз үлестерін қосады, ал уытты элементтердің алаңнан тыс жерлерге таралуы беткі ағын сулардың есебінен іске асады.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. Семей сынақ полигоны. Қазіргі ахуалы: ғылыми-танымал басылым. - Павлодар: Баспа үйі, 2011. – 48 б.
2. Шварцев С.Л. Гипергенез аймағының гидрогеохимиясы / С.Л. Шварцев. – М.: Недра, 1998.
3. Давыдов С.Л. Ауыр металдар ХХІ ғасырдың суперуыттылары ретінде / С.Л. Давыдов, В.И. Тагасов. – М.: РУДН, 2002.
4. Рапопорт И.А. Супермутагендер / И.А. Рапопорт. – М.: Ғылым, 1966. – Б. 5-8.
5. СанЕж/еН 2.1.4.1074-01.
6. Амиров А.А. ССП геохимиялық аясы. Дегелең таулы массивіне іргелес телімдердің топырағындағы микроэлементтер /А.А. Амиров, С.Н. Лукашенко, С.Б. Субботин [және басқ.] // Қазақстан радиэкологиясының өзекті мәселелері [Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының 2007 – 2009жж. еңбектер жинағы] / жетекш. Лукашенко С.Н. –2-Шығ. – Павлодар: Баспа үйі, 2010. – Б. 451-460. – ISBN 978-601-7112-28-8.
7. 2008 жылғы "Қазақстан Республикасында атом энергетикасының дамуы" 0346 шарасының шеңберінде орындалған, ҚР ҰЯО Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының ғылыми-техникалық қызметі жайлы есебі: ҒТБ есебі (жылдық) / ҚР ҰЯО РҚЭИ; жетекш. Лукашенко С.Н. – Курчатов, 2008.– 98 б.
8. Субботин С.Б. Дегелең таулы массивінен тыс жерлерге жасанды радионуклидтердің жерасты жылыстауы /С.Б. Субботин, С.Н. Лукашенко [және басқ.] // Қазақстан радиэкологиясының өзекті мәселелері [Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының 2007 – 2009жж. еңбектер жинағы] / жетекш. Лукашенко С.Н. –2-Шығ. – Павлодар: Баспа үйі, 2010. – Б. 103-156. – ISBN 978-601-7112-28-8.

9. Энерглин У. Аналитикалық геохимия / У. Энерглин, Л. Брили. – Л.: НЕДРА, 1975.
10. Қаражал шор тасты кенорнын зерттеу нәтижелері: Қаражал ТРК есебі. – Т. 1. – Семей, 1955.

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ВОДЫ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДОТОКОВ ГОРНОГО МАССИВА ДЕГЕЛЕН

Говенко П.В., Амиров А.А., Лукашенко С.Н., Кириллова Т.Г.

***Институт радиационной безопасности и экологии НЯЦ РК,
Курчатов, Казахстан***

Целью исследований являлось выявление и оценка факторов, формирующих микроэлементный состав водных объектов горного массива Дегелен, а также изучение механизма распространения тяжелых металлов и токсичных элементов поверхностными водотоками на территории испытательной площадки «Дегелен».

Для проведения исследований были выбраны следующие объекты: штольни с водопроявлением №104, 165, 176, 177, 504, 506, 511, 609; ручьи с истоками в непосредственной близости от штолен, с достаточной протяженностью русла, пересекающие границы площадки «Дегелен»: ручьи Байтлес, Узынбулак, Карабулак и 12 родников, расположенных на территории площадки.

Было исследовано валовое содержание более 40 химических элементов в пробах воды и установлено аномально высокое содержание ряда элементов по отношению к их предельно допустимым концентрациям (ПДК) в питьевой воде. Установлено, что наибольшее превышение содержания по отношению к ПДК имеет место для бериллия, молибдена и урана. Согласно полученным данным, возможен вынос тяжелых металлов и токсичных элементов за пределы площадки «Дегелен».

Ключевые слова: поверхностные водотоки, штольневые воды, ручьи, родники, микроэлементный состав воды, тяжелые металлы, горный массив Дегелен, аномальное содержание, уран, бериллий, молибден.

TRACE ELEMENT COMPOSITION IN WATERS OF SURFACE WATERCOURSES ON DEGELEN MASSIF

Govenko P.V., Amirov A.A., Lukashenko S.N., Kirillova T.G.

Institute of Radiation Safety and Ecology NNC RK, Kurchatov, Kazakhstan

The goal of this study was to identify and assess the factors shaping trace element composition of water bodies on Degelen Mountain, and to study the mechanism of heavy metals and toxic elements spread surface by surface streams at "Degelen" site.

For the research we selected following items: tunnels with water seepage Nos.104, 165, 176, 177, 504, 506, 511, 609; streams with sources close to the tunnels, with a sufficient length of the channel crossing the boundary of "Degelen" site: streams Baytles, Uzynbulak, Karabulak and 12 springs located in the area.

A total content of more than 40 chemical elements in the water samples were studied and we found abnormally high levels of a number of elements in relation to their maximum permissible concentration (MPC) in drinking water. It was found that a greatest content excess in relation to the MPC holds for beryllium, molybdenum and uranium. According to the study, there is a possibility for removal of heavy metals and toxic elements out of "Degelen" site.

Keywords: surface watercourses, tunnel waters, streams, springs, trace element composition of water, heavy metals, Degelen Mountain, abnormal contents, uranium, beryllium, molybdenum.

**БӨЛІМ: РАДИАЦИЯЛЫҚ ҚАУІПСІЗДІКТІ
ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУДІҢ ЖАЛПЫ
МӘСЕЛЕЛЕРІ**

УДК: 621.039.7.14:541.28:546.36

ЦЕЗИЙ ИЗОТОПЫН СҰЙЫҚ РАДИОАКТИВТІ ҚАЛДЫҚТАРДАН ТАЗАЛАУ ҮШІН КОМПОЗИТТІ МАТЕРИАЛДАРДЫ ҚОЛДАНУ КЕЛЕШЕГІ

Торопов А.С., Зверева И.О., Коровина О.Ю.

***ҚР ҰЯО Радиациялық қауіпсіздік және экология институты,
Курчатов, Қазақстан***

Сұйық радиоактивті қалдықтарды сорғымалы тазалау үшін табиғи минералды сорбенттер мен түсті металдар ферроцианидтерінің негізінде бірқатар композитті материалдар зерттелді. Цезийге қатысты мыс ферроцианиді негізіндегі материалдардың сорғылау сипаттамасы зерттелген композиттер арасында жақсырақ екені анықталды. СРҚ-дан цезий изотопын алуға әсер ететін бірқатар факторлар – жалпы тұзқұрамы, рН және органикалық заттектер құрамы зерттелді. Кешенқұраушы органикалық заттектердің жоғары дәрежеде шоғырлануы барысында ферроцианидті сорбенттердің сорғылау қасиеті едәуір төмендейтіні анықталды.

Кілт сөздер: сорбент, цезий, сұйық радиоактивті қалдықтар, композитті материал, ферроцианид.

КІРІСПЕ

Атом энергетикасы нысандарын пайдалану кезінде әртүрлі химиялық және радиохимиялық құрамдағы сұйық радиоактивті қалдықтардың (СРҚ) көп мөлшері пайда болады. Ядролық-отындық цикл кәсіпорындарының жұмысы нәтижесінде пайда болған радиоактивті қалдықтармен қауіпсіз жұмыс істеу тұтасымен алғандағы атом энергетикасы дамуындағы анықтаушының бірі болып табылады [1-3].

Қазіргі уақытта Қазақстанда Ақтау қаласы ЖН-350 реакторын пайдаланудан алып тастау кезеңінде тұр. Маңғыстау атом энергокомбинатында қоймаларда жиынтық ауқымды белсенділігі 10^7 - 10^8 Бк/л болатын шамамен 5000 м³ сұйық радиоактивті қалдықтар (СРҚ) жинақталған. Құрамы жоғары тұзды, әртүрлі химиялық құрамы бар СРҚ ұзақ уақыт сақтаған кезде резервуарлардың конструкциялық материалдарының коррозияға ұшырауы жүреді. Уақытша ретіндегі салынған қойма ыдыстарының техникалық жағдайы апатты жағдайға жақын тұр. Сонымен, аймақта ауқымды экологиялық қатер бар [4, 5].

Қазіргі уақытта аса кең тарағаны – аса белсенді, ұзақ өмір сүретін және қиын алынатын Cs изотоптарын аз мөлшердегі сорбентте шоғырландыруға мүмкіндік беретін *селективті сорғылауды* пайдалана отыра СРҚ қайта өңдеу технологиясы. Әдеби көздерге сәйкес [3, 5], селективті сорғылауды пайдалану кезінде СРҚ тазарту процесінің негізгі технологиялық сатылары болып табылатыны: алдын ала сүзгілеу және бастапқы ерітіндіні дайындау, СРҚ құрамдас органикалық құрамдасының тотығуы, сүзгілеу және тікелей сорғылау. Зерттеушілер СРҚ-дан цезий мен басқа да радионуклидтерді алу үшін көптеген материалдарды ұсынады [6-10]. Алайда ұсынылатын сорбциялық материалдардың бірқатар оң сипаттамаларының бар болуы кезінде олардың іс

жүзіне кеңінен енгізілуін шектейтін жекелеген кемшіліктері бар. Оның ішінде, табиғи өңделмеген сорбенттердің (цеолиттер, саздар) селективтілігі мен екінші кезектегі РАҚ үлкен көлемінің пайда болуына әкелетін өзінің сипаттамаларын жоғарытуды ерітінділерде сақтау қасиеті жоқ. ТМД-да СРҚ тазарту үшін ферроцианид никель негізіндегі селективті сорбенттер пайдаланылады [11, 12]. Ферроцианид кобальт Ловиис АЭС (Финляндия) және басқаларында СРҚ тазарту үшін табысты пайдаланылады [13, 14]. Ауыр металдардың таза ферроцианидтерінің тұнбалары, цезийдің сорғылауға деген жоғары ұқсастығына қарамастан, сілтілі ерітінділерде еруге қабілетті және пептизацияға жиі ұшырайды [15].

Аталған жұмыста *композиттік материалдар* табиғи сорбент – минералды матрицаға сорбентке СРҚ-дан ядролық отын өнімдерін алуға қабілетті табиғи сорбент – полифункционалды катиониттің қасиеттерінің үйлесімділігі арқылы қол жеткізілетін химиялық және радиациялық төзімділікте артықшылық беру үшін жағылған металл ферроцианидтерінің және металл ферроцианиді – цезий изотоптарын алу үшін селективті сорбент негізінде зерттелді. Минералды матрица бетіндегі ферроцианидтердің импрегнирленуі таза ферроцианидтерге тән диффузиялық шектеулерді төмендетеді және оларды аса тиімді пайдалануға көмектеседі [16-18].

Зерттеу мақсаты жоғары минералды СРҚ-дан цезийді алу үшін металл ферроцианиді мен табиғи сорбенттің негізіндегі аса ыңғайлы композиттік материалды таңдау болды.

1. ТӘЖІРИБЕЛІК БӨЛІМ

1.1. Зерттеу нысаны

Композиттердің сорғылау қасиеттерін зерттеу үшін 15 композит синтезделді: мыс, никель, кобальт ферроцианидтері минералды сорбенттердің 5 түріне – «Багратион» кенорнының цеолиті, «Семейтау» кенорнының саздары, «Ақжар» кенорнының монтмориллонитіне жағылды.

Көрсетілген сорбенттердің құрамы жұмыста зерттелген [19]. Зерттелген табиғи сорбенттердің минералды және химиялық құрамы бойынша айырмашылықтары бар. Цеолит минералды құрамы бойынша келесі химиялық құрамдағы: SiO_2 – 57,9%, Al_2O_3 – 21,2%, K_2O – 3,2%, Fe_2O_3 – 2,4%, CaO – 2,1%, Na_2O – 1,5%, SO_3 – 0,99, P_2O_5 – 0,15 басқа да минералдарды қоса отыра (кварц, гидрослюда, монтмориллонит пен глауконит) клиноптилолитке жақын. Сапалық белгілері – түсі бойынша бөлінген – қызыл, сары және жасыл саздар ауыспалы химиялық құрамның бентониты ретінде берілген: SiO_2 – 55-65%, Al_2O_3 – 18-23%, Fe_2O_3 – 4-8%, CaO – 2-4%, MgO – 2-3%, K_2O – 0,5-1%, Na_2O – 0,5 – 1%, SO_3 – 0,2-0,3%. Ақжар кенорнының сазы монтмориллонит ретінде берілген. Нақты химиялық құрамы бойынша деректер жоқ.

1.2. Композиттік сорбенттерді синтездеу әдіснамасы

Сорбенттер келесі схемасы бойынша синтезделді: металл сульфаты ерітіндісінде ұнтақ тәріздес тасымалдаушының суспензиясын дайындады, тепе-теңдікке жеткенге және сорбенттің бастапқы металл иондарымен қанығуына дейін ұстады. Сосын қарқынды араластыру кезінде гексацианоферрат (II) калий ерітіндісін баламалы мөлшерде біртіндеп қосып отырды. Алынған пульпаны бір сағат ағымында ұстады, сосын сүзді, дистилденген сумен шайды, кептірді, біртекті масса болғанша ұсатты. Арақатынасы минералды матрица: алынған үлгілердегі металл ферроцианиді 1:1 құрады. Барлығы 24 сорбент сыналды – 15 композит, 5 – табиғи сорбенттер, 3 – құрғақ ферроцианид, 1 – Термоксид-35 – никель-калий ферроцианиді негізіндегі сатылымда бар сферотүйіршіктелген сорбент, құрамында тасымалдаушы ретінде салыстыру үшін сыналған цирконий гидроксиді бар.

1.3. Сорғылау арқылы алуды зерттеу әдіснамасы

Цезийдің микросандарының композиттік ферроцианидтік сорбенттерде сорғылануы ауа-құрғақ сорбенттің үстіңгі қабатының сұйық фазаның аликвотасымен 1 сағат ішінде үздіксіз араластыру арқылы статикалық жағдайда жүргізілді, сосын цезий иондарының сорбент бөлшектерімен қосымша қамтылуы үшін 2 сағат бойы тұндырылды. Қатты және сұйық фазалардың арақатынасы 1:400 құрады. Тұндырылған соң қатты және сұйық фазалар «көк лента» маркалы сүзгіш қағазбен сүзу арқылы бөлінді.

Түзқұрамдастардың негізгі құрауыштарының және цезийдің құрамы iCAP 6300 аспабында атомдық-эмиссиондық спектроскопия (АЭС-ИСП) мен (МС-ИСП) ELAN 9000 аспабында масс-спектрометрия көмегімен анықталды. Радиоактивтілік белгілер – цезий изотоптарының активтілігін CANBERRA жартылайөткізгіш детекторлары бар гамма-спектрометрлердің көмегімен анықтады [20-22]. Ортаның рН потенциометриялық тұрғыда Mettler Toledo рН-метрде бақыланып отырды. Тәжірибенің қайталануы – үш реттік, сорбция кинетикасының зерттелуі – төрт реттік.

Цезий сорғылануына (ерітіндінің рН, минералдану, органикалық заттектің құрамы) әсер ететін әртүрлі параметрлердің әсерін үлгілеу үшін келесі операциялар орындалды: рН мәндері азот қышқылы мен натрий гидроксидының концентрленген ерітіндісімен түзетілді, минералдану түзқұрамдастардың негізгі құрауыштарының – натрий нитратының есебінен өзгерді, органикалық заттек АЭС пайдалану кезінде дезактиваторшы заттек ретінде пайдаланылатын және сорбенттер саңылауларын жабатын араластырғыш құрауыштар болып табылатын комплексондар – Б трилоны мен қымыздық қышқылы түрінде қосылды.

Үлгілі ерітінділердің химиялық және радионуклидті құрамы СРҚ РҚ ЖН-350 құрамына максималды жақын болды. Олардың толықтай құрамы О.Ю.Коровина мен басқалардың осы жинақтағы мақаласында ұсынылған.

$S_{\text{тисс}}$ сорбенттерінің тиесілі белсенділігін тығыз бу қысымының әртүрлі мөлшерлері кезінде булардың сіңіруі бойынша зерттеді, мына формула бойынша есептеп шығарды:

$$S_{\text{тисс}} = a_m \cdot N_A \cdot w_m \quad (1)$$

мұндағы: a_m – су молінің максималды мөлшері, ол адсорбенттің 1 г-ына сорғыланады, немесе моноқабаттың сыйымдылығы;

N_A – тұрақты Авогадро ($6,02 \cdot 10^{23}$);

w_m – судың бір молекуласы алып жатқан аудан ($1,28 \text{ нм}^2$).

Цезийді сорғылу арқылы алып шығу тиімділігінің критерийлері ретінде келесі параметрлер алынады: таралу коэффициенті (K_d), S , % – сорғылау дәрежесі, q_c - сорғылау ыдысы, мг/г, ол келесі формулара бойынша есептелді:

$$K_d = [A_o - A_p]/A_p(V_p/m_c) \quad (2)$$

$$S = A_p/A_o \cdot 100\% \quad (3)$$

$$q_c = K_d A_o \quad (4)$$

мұндағы: A_o – бастапқы белсенділік, Бк/дм³,
 A_p – тепе-теңдік белсенділігі, Бк/дм³,
 V_p – сұйық фазаның көлемі, мл,
 m_c – сорбенттің үстіңгі қабатының массасы, г.

2. НӘТИЖЕЛЕР ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ТАЛҚЫЛАУ

2.1. Модифицирленбеген сорбенттер мен таза ферроцианидтердің сорғылау сипаттамалары

Цезийді СРҚ сияқты берілген үлгілі ерітінділерден сорғылау арқылы алып шығу жөніндегі деректер 1-кестеде берілген.

1-кесте.

орбенттердің цезийге қатысты сорғылау сипаттамалары

Шифр	S, %	Kd	Шифр	S, %	Kd	Шифр	S, %	Kd
Цеолит	14	17	Термоксид-35	73	$1,1 \cdot 10^3$	Co+ЖГ	58	$5,5 \cdot 10^2$
Қызыл саз	26	35	Cu+Ц	96	$9 \cdot 10^3$	Co+ЗГ	58	$5,5 \cdot 10^2$
Сары саз	21	27	Cu+КГ	<98	$<3 \cdot 10^4$	Co+ММТ	56	$5 \cdot 10^2$
Жасыл саз	26	35	Cu+ЖГ	<98	$<3 \cdot 10^4$	Ni+Ц	80	$1,6 \cdot 10^3$
Монтмориллонит	40	68	Cu+ЗГ	<99	$<5 \cdot 10^4$	Ni+КГ	85	$2,4 \cdot 10^3$
ФЦ Cu	<98,5	$<5 \cdot 10^4$	Cu+ММТ	97	$1,2 \cdot 10^4$	Ni+ЖГ	80	$1,6 \cdot 10^3$
ФЦ Co	89	$3,2 \cdot 10^4$	Co+Ц	50	$4 \cdot 10^2$	Ni+ЗГ	86	$2,5 \cdot 10^3$
ФЦ Ni	<99	$<7,7 \cdot 10^4$	Co+КГ	55	$5 \cdot 10^2$	Ni+ММТ	86	$2,5 \cdot 10^3$

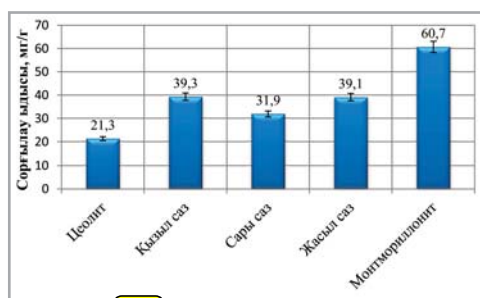
Ескерту: мұндағы және ары қарай ФЦ – ферроцианид, ҚС – қызыл саз, СС – сары саз, ЖС – жасыл саз, Ц – цеолит, ММТ – монтмориллонит, композициялық сорбенттердің шифры келесілерді білдіреді, мысалы, Cu+Ц – мыс ферроцианиді мен цеолитом және басқадай.

Модифицирленбеген табиғи сорбенттер үшін цезийдің таралу коэффициенті әдетте 100-ден аспайды, және ферроцианид құрамдас сорбенттермен салыстырғанда екі ретке төмен. Зерттелген табиғи сорбенттердің қатарында бұл көрсеткіш 17-ден 68-ге дейін өзгерді, минималды мәндер цеолитке, орташалары – сазға, максималдылары – монтмориллонитке сәйкес келді. Алынған деректер әдеби деректермен жақсы келіседі [10, 11].

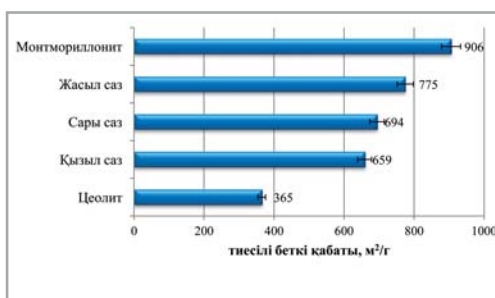
1-суретте табиғи сорбенттердің цезийге қатысты сорғылау ыдысының мәндері берілді.

Цеолиттер мен сазды минералдар табиғи органикалық емес катониттардың аса маңызды өкілдері болып табылады. Олар салыстырмалы түрде кең тараған және қасиеттері мен қолданылуының көптүрлігімен ерекшеленеді. Цеолиттер – жалпы формуласы $Me_{2n}O \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2 \cdot yH_2O$ болатын сілтілі және сілтіліжер металдардың алюмосиликаттары, мұндағы Me – сілтілі немесе сілтіліжер металдардың катионы, ал n – оның валенттілігі. Цеолиттерде ионалмасушылық, сол сияқты физикалық (жербеткі) сорғылау – нақты бір белгі иондары мен полярлық молекулалардың концентрленуі болуы мүмкін, сыртқы ерітіндінің құрамында, кристалдардың ластанған бетінде, иондық және ван-дер-ваальс өзара іс-әрекеті мен сутегі байланыстарының есебінен болуы мүмкін [23-24].

2 : 1 типті сазды минералдардың, бірінші кезекте монтмориллониттің ірі катиондарға күрт таңдалуы бар, сілтілі (Cs), сілтіліжер (Sr) және ауыр (Ni) металдар, бұл оларды технологиялық суларды тазарту үшін қолданудың келешегін көрсетеді [27].



1-сурет. Модифицирленбеген табиғи сорбенттердің цезийге қатысты сорғылау ыдысы



2-сурет. Табиғи модифицирленбеген сорбенттердің тиесілі беті

Сазды минералдар үшін, цеолиттер үшін секілді, иондық алмасумен қатар физикалық және молекулалық сорғылау тән.

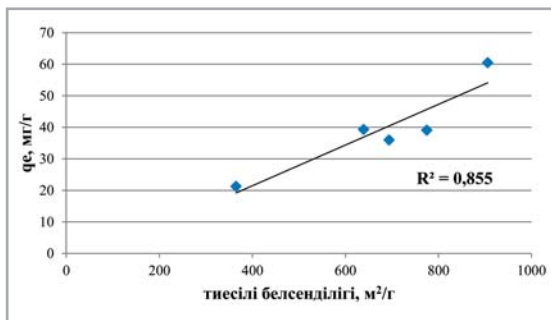
Цезийге сорғылау ыдысы бойынша (1-сурет) (мг/г) зерттелген сорбенттер келесі қатарды түзеді: монтмориллонит (60,7) > қызыл саз (39,3) > жасыл саз (39,1) > сары саз (31,9) > цеолит (21,3). Зерттелген табиғи материалдардың ыдыстарындағы мұндай айырмашылықтарды әрқайсының химиялық және минералогиялық құрамының ерекшеліктерімен, цезийге тән белсенді орталардың сандарымен түсіндіруге болады.

2-суретте сыналған сорбенттердің тиесілі беті ұсынылған. Аталған көрсеткіш сорбциялық материалдардың әртүрлі типтерінің арасында анық ерекшеленеді, бірақ зерттеліп жатқан саздар үшін жақын (тиесілі бетінің құбылу мөлшері 659-775 м²/г). Аталған көрсеткіш цеолит үшін аз, бірақ монтмориллонит үшін максималды болып шықты. Цезийдің сорбциясы мен сорбенттің тиесілі бетінің арасында тікелей тығыз корреляциялық байланыс анықталды (3-сурет).

Бұл аталған элементті сорғылаумен алу негізіне цезийге жоғары дәрежеде жақын және оны сіңіруге қабілетті белсенді ортаның нақты бір мөлшері бар физикалық адсорбция жатады деп болжауға мүмкіндік береді.

Металдардың құрғақ ферроцианидтері цезийді табиғи сорбенттерге қарағанда жақсы алып шығады, бұл селективті сорбенттерге тән. Бұл кезде мыс пен никельдің

ферроцианидтері өздерін жақсы көрсетті, олардың кобальттың ферроцианидіне қарағанда цезийдің бір ретке жоғары таралу коэффициенті бар (3-сурет).



3-сурет. Табиғи модифицирленбеген сорбенттердің тиесілі беті

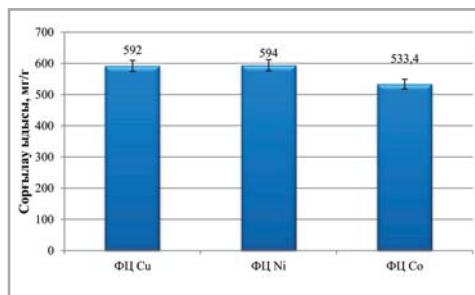
Алайда аталған экспериментте металдардың ферроцианидтердің сорғылау ыдысындағы айырмашылық 10-12% жатыр, Kd аталған сорбенттердің ерекшелігін аса ақпараттанған қылып көрсетеді.

2.2. Композиттік материалдардың сорғылау қасиеттері

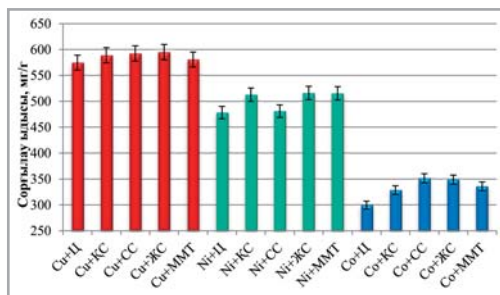
Зерттелген композициялық сорбенттердің арасында цезийді сіңіру үшін аса тиімдісі мыс ферроцианидінің негізіндегі сорбенттер болып табылды. Композиттерді эксперимент жағдайында ерітіндідегі цезийдің жалпы құрамының 96-99% алынды. Таралу коэффициенттері $9 \cdot 10^3$ –дан $5 \cdot 10^4$ дейін өзгереді.

4-суретте цезийді композиттік материалдармен сорғылау арқылы алу бойынша деректер берілген. Мыс ферроцианидінің негізіндегі композиттердің тиімділік қатары, мг/г:

$$\text{Cu}+3\Gamma (595,1) > \text{Cu}+\text{ЖГ} (592,5) > \text{Cu}+\text{КГ} (588,9) > \text{Cu}+\text{ММТ} (580,8) > \text{Cu}+\text{Ц} (574,6)$$



3-сурет. Цезийге қатысты мыс, кобальт және никельдің таза ферроцианидтерінің сорғылау ыдысы



4-сурет. Цезийдің композиттік материалдармен сорғылауы

Композиттік сорбенттердің арасында аса зерттелгені никель ферроцианидінің негізіндегі материалдар болып табылады [8, 11, 12, 16, 17, 25-26]. Аталған қосылыс сондай-ақ гранулирленген сорбенттердің– термоксидтер синтезі үшін пайдаланылады,

онда минералды иесі ретінде титанның немесе цирконийдің гидратирленген диоксиды беріледі. Динамикалық сорғылау кезінде аса тиімді болатын осындай сорбенттердің бірнеше маркалары (Т-3А, Т-35, Т-55 и др.) белгілі [3]. Табиғи материалдардың никель ферроцианидтерін мыс пен кобальттың негізіндегі композиттер арасындағы сорғылау ыдысы бойынша аралық қалыпта тұрады. Аталған композиттерді цезийдің үлгілі ерітіндісінің 80-86 % алады, таралу коэффициенттері $1,5-2,5 \cdot 10^3$.

Кобальт ферроцианид бар материалдардың тиімділігі төменірек болды. Зерттелген сорбенттердің K_d $4-6 \cdot 10^2$, шектерінде құбылды, бұл модифицирленбеген сорбенттерге қарағанда бір ретке жоғары, бірақ мыс немесе никель ферроцианид бар композиттер үшін көп төмен.

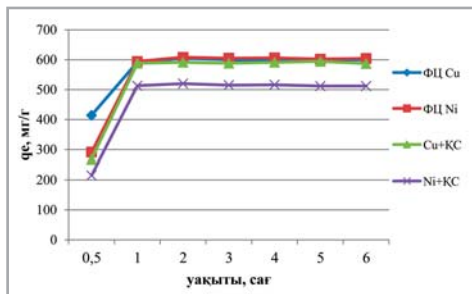
Тұтасымен алғанда, композиттік сорбенттердің сорғылау сипаттамаларын зерттей отыра, селективтік құрауыш – ферроцианидті тудыратын табиғи металл цезийдің ерітіндіден алу тиімділігінде анықтаушы рөл атқарады деген қорытынды жасауға болады. Цезийге қатысты аса жақсы сорғылау қасиеттері бары мыс ферроцианид негізіндегі композиттер.

Сорғылау процестерінің кинетикасын ары қарай зерттеу үшін, әртүрлі факторлардың (рН, минералдану, кешенқұрауыштардың құрамдары) әсерін анықтау үшін келесі сорбенттер сыналды: мыс пен никельдің құрғақ ферроцианидтері мен олардың цезийді ғана емес, сол сияқты өзге де радионуклидтерді алу үшін өздерін тиімді реагенттер ретінде көрсете білген қызыл сазбен композиттік қосылыстары.

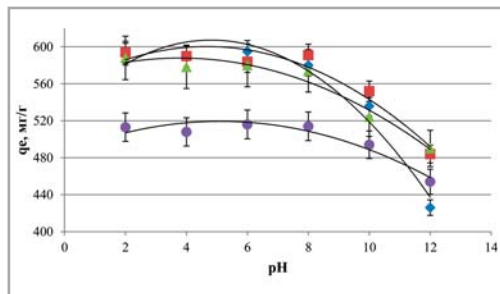
3. ЦЕЗИЙДІҢ СОРҒЫЛАУ КИНЕТИКАСЫН ФЕРРОЦИАНИДТІК СОРБЕНТТЕРМЕН ЗЕРТТЕУ

СРҚ құрамын модельдейтін ерітінділерден цезийді сорғылау арқылы алу жылдамдығын анықтау үшін тандалуы жоғарыда аталған факторлармен байланысты 4 сорбентпен эксперимент жүргізілді (5-сурет).

График деректері таңдап алынған сорбенттердің өзара әрекеттен соң 1 сағат кейін цезийге қатысты сорғылау тепе-теңдігіне қол жеткізетінін көрсетеді. Адсорбция изотермаларының формасы L-типіне (Лэнгмюра) сәйкес келеді [27]. 2-6 сағат аралығында цезийді сіңіруде өзгерістер жүрмейді.



5-с. Цезийдің ферроцианидті сорбенттермен сорғылау кинетикасы



6-с. Үлгілі ерітіндінің рН цезийді алуға әсері

4. ТҮРЛІ ФАКТОРЛАРДЫҢ (РҢ, МИНЕРАЛДАНУ, ОРГАНИКАЛЫҚ ЗАТТЕКТІҢ ҚҰРАМЫ) СРҚ ҮЛГІЛІ ЕРІТІНДІЛЕРДЕН ЦЕЗИЙДІ ФЕРРОЦИАНИДТІК СОРБЕНТТЕРМЕН АЛУҒА ӘСЕРІ

4.1. Үлгілі ерітіндінің цезийді алуға әсері

АЭС сұйық радиоактивті қалдықтарының әртүрлі химиялық құрамы мен жиірек сілтілі болатын ортаның реакциясы. СРҚ РҚ ЖН-350 рН деректерге сәйкес [4] 10-нан 12,5 дейін құбылады. СРҚ қайта өңдеу және әртүрлі операциялардың нәтижесінде сорғылау сатысына дайындық барысында (ірі сүзгілеу, органикалық кешенқұраушы құрамдастардың қышқылдануы және басқалары) ортаның реакциясының өзгеруі мүмкін, сондықтан ферроцианидтік сорбенттер әрекетінің тиімділігін сутегі көрсеткішінің кең диапазонында қарастыру өте маңызды. Цезийді үлгілі ерітіндіден сутегі көрсеткішінің мәндерінің кең диапазонында сорғылау бойынша эксперимент жүргізілді (6-сурет).

Сорғылау ыдысының рН-қа байланысты өзгеру тәуелдігі екінші дәрежелі полиномиалды теңдеумен аса жақын суреттеледі (аппроксимация мөлшері $R^2 = 0,92-0,98$). Жүргізілген зерттеулер нәтижелері бойынша рН 10-нан жоғары болған кезде композициялық сорбенттердің, сол сияқты таза ферроцианидтердің сорғылау ыдысы заңды түрде төмендейтінін байқауға болады, және де таза ферроцианидтер үшін төмендеу аса анық көрінеді. рН 12 кезінде цезийге қатысты олардың ресурсы алдыңғы көрсеткішпен салыстырғанда 15-20%-ға төмендеді. Композиттердің сорғылау ыдысының өзгеруі аз байқалады, бұл олардың сілтілердегі аса жоғары химиялық тұрақтылығына байланысты. Алайда зерттеуді цезийдің сілтілі ерітінділерде иесімен және иесінсіз ферроцианидтердің қалпын шынайы бағалау үшін бірлікке қадаммен рН 10-14 аралығында сорғылануын зерттеу жөніндегі аса толық деректермен толықтыру қажет.

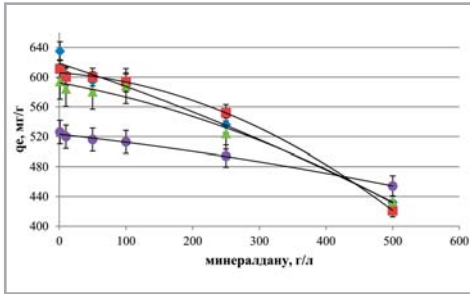
Әдебиетте сондай-ақ сілтілі ортада ферроцианидтің еру салдарынан металл ферроцианидтерінің тиімділігінің төмендеуі байқалады [16].

4.2. Үлгілі ерітіндінің минералдану дәрежесінің цезийді алуға әсері

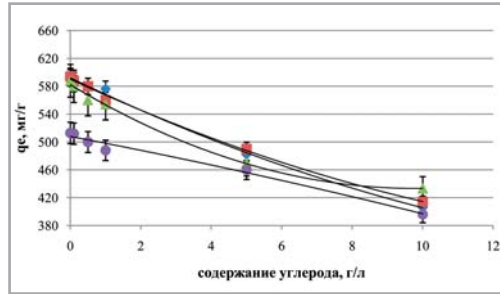
Жұмыстағы бастапқы деректерге сәйкес [4] СРҚ РҚ ЖН-350 тұз құрамы 70–605 г/л құрайды. Тұтасымен алғанда, АЭС пайдалану нәтижесінде пайда болатын СРҚ-ның әртүрлі химиялық құрамы мен минералдану дәрежесі болуы мүмкін. Үлгілі ерітіндінің әртүрлі минералдану жағдайларында цезий сорғылануына ұсыналатын композитті сорбенттердің қасиеттерін бағалау – зерттеу міндеттерінің бірі. Минералдануы әртүрлі үлгілі ерітінділерден цезийдің сорғылануы бойынша деректер 7-суретте берілген.

Алынған деректер үлгілі ерітіндінің минералдануының өсуіне қарағанда сорғылау ыдысының заңды төмендеуін көрсетеді. Алайда, тіпті жоғары минералдану кезінде сорбенттер цезий бойынша 400 мг/г цезий және одан көп мөлшердегі сорғылау ыдысына тең цезийді сіңіруге қабілетті.

Сорғылау ыдысының өзгеруінің минералдану дәрежесінен тәуелділігі екінші дәреженің полиномиалды тендеуімен жақынырақ суреттеледі (аппроксимация мөлшері $R^2 = 0,95-0,99$). Цезийді алуға үлгілі ерітінді құрамының тұзды құрамының әсері композициттік және таза ферроцианидтер үшін әртүрлі түрде көрінді. Егер композиттер үшін сорғылау ыдысының жоспарлы төмендеуі тән болса, онда таза ферроцианидтер үшін 100 г/л көп тұздықұрамы жағында ыдыстың цезий бойынша төмендеуі секіртпелі түрде байқалды.



7-сурет. Үлгілі ерітіндінің минералдануының цезийдің сорғылауына әсері



8-сурет. Кешен түзгіш органикалық заттектің шоғырлануының үлгілі ерітіндіден цезийдің сорғылауына әсері

4.3. Кешенқұраушы органикалық заттектердің цезийдің ферроцианидті сорбенттермен сорғылауына әсері

СРҚ қайта өңдеудің көптеген технологиялары өзіне қалдықтарды қайта өңдеудің алғашқы сатыларының бірі ретінде қосатыны – селективті сорбенттердің ресурсын өте көп азайтатын комплексондардың бұзылуы [8, 9]. Алайда СРҚ-дағы органикалық заттектер бұзылуының барлық технологиясы органикалық заттектерді тиімді бұзуға мүмкіндік бермейді, осыған байланысты тотықтану сатысынан соң ықтимал қалуы мүмкін органикалық заттектердің әртүрлі шоғырлануларының әсерін зерттеу өзекті болады. Органикалық комплексондардың СРҚ үлгілі ерітінділерінен ферроцианидті сорбенттерді сорғылау арқылы алуына әсерін анықтау жөніндегі деректер 8-суретте берілген.

Сорғылау сыйымдылығының өзгеруінің минералдану дәрежесінен тәуелділігі екінші дәреженің полиномиалды тендеуімен аса жақын суреттеледі (аппроксимация мөлшері $R^2 = 0,97-0,99$). Көміртегінің 500 мг/л дейін шоғырлануы сыналатын сорбенттердің сорбциялық сипаттамасын іс жүзінде төмендетпейтіні анықталған. Ерітінділердегі органикалық комплексондардың үлкен шоғырланулары цезийдің ферроцианидті сорбенттермен сорғылау сыйымдылығын 1,5-2 ретке заңды түрде төмендетеді.

ҚОРЫТЫНДЫ

Бірқатар сорбенттер олардың СРҚ-тың негізгі дозақұраушы радионуклид – цезийдің сорғылауына байланысты қасиеттері бойынша зерттелді. Аса тиімді композитті материалдар болып табылатыны минералды сорбентке жағылатын мыс ферроцианид-

тері екені анықталды. Модифицирленбеген сорбенттердің таралу коэффициенттері $K_d = 10^2$ мәндерімен, мыс пен никельдің ферроцианидті композициялық сорбенттері $K_d = 10^3$ - 10^4 мәндерімен анықталады. Сорбциялық тазартудың тиімді уақыты – 1 сағат. Цезийдің ерітінділерден алынуына әсер ететін факторлар арасында аса көп әсер ететіні органикалық заттектің шоғырлануы. Қосымша зерттеу кезінде аса композитті сорбенттер шынайы СРҚ-да сыналуы мүмкін.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. The Principles of Radioactive Waste Management. Safety series, № 111-F, STI/PUB/989. – Vienna: IAEA, 1995.
2. Радиоактивті қалдықтармен жұмыс істеудің технологиялық және ұйымдастырушылық аспектілері. – Вена: АТЭХАГ, 2005.
3. Дмитриев С.А. Радиоактивті қалдықтарды басқару жүйесінің технологиялық негіздері / С.А. Дмитриев, А.С. Баринев, О.Г. Батюхнова, А.С. Волков, М.И. Ожован, Т.Д. Щербатова. – М.: ГУП Мәскеу ҒОБ Радон, 2007. – 376 б.
4. Жеке ғимаратта орналастыруымен бірге иондық активті тазартуды орнату мен СРҚ цементтеуді орнатуды қосатын РҚ ЖН-350 сұйық органикалық емес радиоактивті қалдықтарды қайта өңдеу жөніндегі кешеннің жұмыс жобасын әзірлеу. Техникалық тапсырма. – Мәскеу: «РАОТЕХ» ЖАҚ, 2002. – Б. 21-22.
5. РҚ ЖН-350 сұйық органикалық емес радиоактивті қалдықтарды қайта өңдеу жөніндегі кешен. Тапсырмалар 157, 157А, 155. Жоба. Технологиялық шешімдер. – Т. 4. – Ч. 1. – 1-ші кітап. – Мәскеу: «МЭТР» ЖАҚ, 2004. – Б.13.
6. Ахметов М.А. Радионуклидтермен ластанған суларды тазарту үшін саздар негізіндегі сорбенттерді пайдалану /М.А. Ахметов [және басқ.] // ҚР ҰЯО Жаршысы. – 2002. – 3 Шығарылым. – Б. 133-135.
7. Велешко А.Н. Табиғи ерітінділерден алынған Микотан биополимері негізінде радионуклидтердің композитті материалдармен сорбциясы /Велешко А.Н., Кулюхин С.А.[және басқ.]. // Радиохимия. – 2008. – Т.50. – №5. – Б.439-445.
8. Панасюгин А.С. Cs композиттік ферроцианидті-силикаттық сорбенттермен сорбциясы / А.С.Панасюгин, А.И. Ратько, Н.Е. Трофименко, Н.П. Машерова //Радиохимия. – 1995. – Т.37. – №6. – Б.537-541.
9. Комягин Е.А. Ағын суларды ауыр және радиоактивті металдардан тазарту мәселелерін шешу жолдары / Е.А. Комягин, В.Н. Мынин //Ресейдің экологиясы мен өнеркәсібі. – 2008. – № 11. – Б. 21- 23.
10. Лабко В.С. ^{137}Cs мен ^{90}Sr сазды-тұзды шламдармен – калий өндірісінің қалдықтарымен сорбциясы / В.С. Лабко // Радиохимия. – 2009. – Т.51. – №4. – Б. 366-368.
11. Милютин В.В. Цезийдің ұсақдисперстік композициялық ферроцианидтік сорбенттердегі сорбциясы / В.В. Милютин, О.А. Кононенко, С.В. Михеев, В.М. Гелис // Радиохимия. – 2010. – Т.52. – №3. – Б.238-240.

12. Михеев С.В. Жоғарытұзды ертінділерден цезий радионуклидін алудың сорбциялық және тұнбалық процестері. Химия ғылымд. канд. авторефераты /С.В. Михеев.– Мәскеу, 2010. – 23 б.
13. Lehto J. Proc. of Final Research Co-ordination / J. Lehto, R. Harjula. – Meeting: IAEA-TECDOC-675, R6, 1991. –P. 131.
14. Orechovská J. Sorption of cesium on composite sorbents based on nickel ferrocyanide / J. Orechovská J., P. Rajec // Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemist. –1999. – Vol. 242. – No. 2. –P. 387-390.
15. Тананаев И.В. Ферроцианидтер химиясы / И.В. Тананаев [және басқ.]. – М: Ғылым, 1971. – 320 б.
16. Милютин В.В. Цезий радионуклидтерін никель ферроцианидінің тұнбасымен бірге қоса тұндыруға органикалық кешенқұраушы және беткі-белсенді заттектердің әсері /В.В. Милютин, В.М. Гелис және [басқ.]. //Радиохимия. – 2008. – Т.50. – №1. – Б. 60-61.
17. Юрченко В.В. Табиғи сулардан радионуклидтерді жіңішке дисперсті алюмосиликаттармен сорғылау арқылы алу / В.В.Юрченко, А.Ф. Никифоров, А.В. Свиридов // Ресейдің экологиясы мен өнеркәсібі. – 2010. – № 4. – Б. 28- 30.
18. Богданович Н.Г. Табиғи органикалық емес материалдардың сорғылау қасиеттерін: статикалық жағдайларда ^{137}Cs мен ^{90}Sr ұсақ дисперсті сорбенттермен алынуын зерттеу / Н.Г. Богданович, Е.А. Грушичева [және басқ.] //Радиохимия. – 2008. – Т.50. – №4. – Б. 345-350.
19. Панин М.С. «Еткомбинатынан» ағатын суларды мыстан, мырыш пен кадмийден тазарту үшін аймақтық саздар мен цеолитті пайдалануға /М.С. Панин, Д.С. Байгометова// Геохимиялық экологияның өзекті мәселелері: V халықаралық биогеохимиялық мектептің баяндамалары. – Семей, 2005. – Б. 178-183.
20. Қоршаған орта нысандарында $^{239+240}\text{Pu}$, ^{90}Sr жасанды радионуклидтерін анықтау әдістемесі: KZ.07.00.00471-2005.
21. Табиғи суларда плутоний-(239+240), стронций-90 және цезий-137 жасанды радионуклидтерінің құрамын шоғырландыру әдісімен анықтау әдістемесі. – Алматы: ҚР ҰЯО РМК ЯФИ, 2010. – 24 б.
22. Көлемді үлгілердегі радионуклидтердің белсенділігі. Гамма – спектрометрде өлшеулер жүргізу әдістемесі: МИ 2143-91. – Кіріспе. 1998-06-02. – Тіркеу № 5.06.001.98. – М.: ҒӨБ ВНИИФТРИ, 1991. – 17 б.
23. Глинка Н.Л. Жалпы химия/ Н.Л. Глинка. – М: Химия, 2008.-728 б.
24. Химиялық технологиядағы иониттер / Б.П. Никольскийдің ред.- Л.: Химия, 1982.-416 б.
25. Ергожин Е.Е. Органоминералды сорбенттер және табиғи алюмосиликаты шикізат негізіндегі жартылай функционалды жүйелер / Е.Е.Ергожин, А.М. Акимбаева. – Алматы, 2007. – 373 б.
26. Милютин В.В. Жоғарытұзды ертінділерден тұратын ферроцианидтік сорбенттерде цезийдің сорғылауын зерттеу /В.В.Милютин, С.В.Михеев, В.М. Гелис, Е.А. Козлитин//Радиохимия. – 2009. – Т.51. – №3. – Б. 261-263.

27. Giles C.H. A general treatment and classification of solution adsorption isotherm. I. Theoretical / C.H.Giles and oth. //Journal Colloid and Interface Sciences. – 1974. – Vol. 47. – № 3. – P. 755-765.

***ПЕРСПЕКТИВА ПРИМЕНЕНИЯ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ
ДЛЯ ОЧИСТКИ ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ
ОТ ИЗОТОПОВ ЦЕЗИЯ***

Торопов А.С., Зверева И.О., Коровина О.Ю.

***Институт радиационной безопасности и экологии НЯЦ РК,
Курчатов, Казахстан***

Исследован ряд композитных материалов на основе ферроцианидов цветных металлов и природных минеральных сорбентов для сорбционной очистки жидких радиоактивных отходов. Выявлено, что среди исследованных композитов наилучшими сорбционными характеристиками по отношению к цезию обладают материалы на основе ферроцианида меди. Изучено влияние ряда факторов, влияющих на извлечение изотопов цезия из ЖРО – общего солесодержания, pH и содержания органических веществ. Установлено, что при высоких концентрациях комплексобразующих органических веществ сорбционная способность ферроцианидных сорбентов существенно снижается.

Ключевые слова: сорбент, цезий, жидкие радиоактивные отходы, композитный материал, ферроцианид.

***PROSPECTS OF APPLICATION OF COMPOSITE MATERIALS
FOR TREATMENT OF LIQUID RADIOACTIVE WASTE FROM CESIUM***

A.S.Toropov, I.O.Zvereva, O.Yu.Korovina

Institute of Radiation Safety and Ecology NNC RK, Kurchatov, Kazakhstan

A number of ferrocyanide ferrous metals and natural mineral sorbents based composite materials have been investigated for sorption treatment of liquid radioactive waste. It's been revealed that among the investigated composites the best sorption characteristics for cesium belongs to a copper ferrocyanide based materials. There have also been studied features of a number of factors affecting the extraction of cesium isotopes from LRW – total salt content, pH and organic matter. It is been found that at high concentrations of complexing organic matter the sorption capacity of ferrocyanide sorbents significantly reduces.

Keywords: sorbent, cesium, liquid waste, composite, ferrocyanide.

УДК 504.4.054:541.28:539.16

**СУДАҒЫ ^{241}Am ЖӘНЕ ^{152}Eu РАДИОНУКЛИДТЕРІНІҢ
ТӨМЕН ДӘРЕЖЕДЕ ШОҒЫРЛАНУЫН АНЫҚТАУ ҮШІН
СЫНАМАЛАРДЫ ДАЙЫНДАУ ӘДІСТЕМЕСІН ӘЗІРЛЕУ****Айдарханова А.К., Лукашенко С.Н., Генова С.В.*****ҚР ҰЯО Радиациялық қауіпсіздік және экология институты,
Курчатов, Қазақстан***

Аталған мақалада, судың сынамаларындағы ^{241}Am және ^{152}Eu төмен дәрежеде шоғырлануын анықтауға сынамаларды дайындау әдістемесі ұсынылды. Зерттеліп жатқан радионуклидтердің төмен дәрежеде шоғырлануын анықтау үшін үлкен көлемдегі су сынамасынан 100 л қатар тұндырғыш – тұздардармен тұндыру жолы арқылы шоғырландыру әдісі таңдап алынды. Қатар тұндырғыш – тұздар ретінде 1л сынамаға 0,28 г Fe^{3+} мөлшерінде темір гидроксиді (III) пайдаланылды. Процестерді өткізудің негізгі шарттары анықталды: 9-ға тең рН ерітіндісі; 8 сағатқа тең болатын толық тұнуға қажетті уақыт.

Әдістеменің тиімділігі үлгідегі ерітінділерде және шоғырланудың басқа әдісін қолдану барысында дәлелденді.

Кілт сөздер: ^{241}Am , ^{152}Eu , шоғырландыру, қатар тұндыру, үлгідегі ерітінді, табиғи сулар, ластану.

КІРІСПЕ

Семей сынақ полигонының аумағында жүргізілген көптеген радиоэкологиялық зерттеулерге сәйкес, негізгі сынақ алаңдарының аумақтары техногенді радионуклидтермен, оның ішінде ^{241}Am және ^{152}Eu ластанғаны анықталды [1, 2]. Осыған байланысты, аталған радионуклидтердің топырақтан табиғи суларға өту мүмкіндігі бар. Алайда, аталған радионуклидтердің мөлшерлік деректерінің мәні табиғи суларда тіркелмеген.

^{241}Am және ^{152}Eu радионуклидтерінің топырақтан табиғи суларға өтуін топырақтан радионуклидтің шайылуына қатысты өтудің көпфакторлығына байланысты суреттеу өте қиын. Сонымен қатар, табиғи сулардың ластану ауқымын бағалау және полигоннан, одан ары алаңдардан тыс жерлерге таралу мүмкіндігін бағалау да қиын.

Қазіргі уақытта, судың сынамаларындағы ^{241}Am және ^{152}Eu құрамы анықтау тура гамма-спектрометриялық жоғары рұқсаттық қабілетімен жүргізіледі. Одан басқа, тура гамма-спектрометриялық өлшеулер ^{241}Am және ^{152}Eu төмен деңгейін анықтау үшін қолдануға жарамайды, ^{241}Am үшін анықтау шегі 3 Бк/үлг, ал ^{152}Eu – 4 Бк/үлг құрайды. Үлкен көлемнен үлгілердің шоғырлануына байланысты болуы мүмкін, олар әдістің сезімталдылығын ұлғайтуға мүмкіндік береді. ^{241}Am және ^{152}Eu радионуклидін анықтау және шоғырландыру үшін қатар тұндыру, ионды алмасу, экстракциялау және экстракциялық хроматография әдістерін кең көлемде қолдану қолдау тапты. Радионуклидтердің қатар тұндырғыш – тұздармен қатар тұндыру әдістері радионуклидтердің басқа әдістермен шоғырлануы алдында едәуір басым орын алады. Бұл әдістердің басты ерекшелігі – процестерді өткізудің жылдамдығының үлкен болуы, сынаманың кезкелген көлемінен шоғырландыра алу мүмкіндігі, қарапайымдылығы және тиімділігі

[3]. Аталған жұмыстың мақсаты, 0,1 Бк/л төмен деңгейде анықтау үшін ^{241}Am және ^{152}Eu шоғырлануының оңтайлы шарттарын анықтау және негіздеу болып табылды.

Зерттеулердің негізгі мәселелері тиімдірек қатар тұндырғыш – тұздарды таңдаудан және зерттеліп жатқан радионуклидтердің қатар тұнуының мөлшерін анықтаудан, процесінің өтуінің оңтайлы шарттарын анықтаудан тұрды: рН ерітіндісінің деңгейі, толықтай қатар тұнуға қажетті уақыт, қатар тұну процесіне табиғи сулардың тұзды құрамының әсер етуі.

1. ӘДЕБИ ШОЛУ

Лантаноидтер мен актиноидтердің қосындыларының химиялық қасиетін есепке ала отырып, осы элементтердің изотоптары жерсілтілік металдар оксалаттармен, фосфаттармен, карбонаттармен, фторидтармен, сонымен қатар органикалық емес тұздармен және темір гидроқышқылымен, висмут, ферроцианидтермен жақсы қатар тұнады [4, 5].

Висмут фосфаты пайдаланылған отынды қайта өңдеу барысында үлкен ауқымды қолданылған алғашқы қатар тұндырғыш болып табылады [6]. Висмут фосфатымен қоса тұндыруды үлкен көлемдегі кальций, магний, алюминийдің құрамынан тұратын ерітінділерді талдамалау барысында қолдану ыңғайлы. Қоса тұндыру жоғары температура барысында азотқышқылды ерітінділермен жүргізіледі: америций және кюри 80°C барысындағы 0,15М азотты қышқыл ерітіндісінен бөлінеді. Тұну ерітіндіге 0,09М ортофосфорлы қышқыл ерітіндісін қосу барысында жүргізіледі, оның құрамында 60 мг висмут және 500 мг тұзқышқылды гидроксилламин бар. Фосфаттар тұнбасы 4-6М HCl ериді [7]. Алайда бұл әдіс радионуклидтердің микромөлшерін шоғырландыру барысында әрдайым тиімді емес және уақыты ұзақ.

Лантан фторидімен қатар тұну бөлінудің және америцийді тазалаудың, сонымен қатар басқа да трансплутонийлі элементтерінің технологиялық бөлінуі мен химиялық талдамалаудың бастапқы сатысында қолданылады. Қатар тұну фторсутекті қышқылды қосу барысындағы қышқыл ерітінділерде лантан нитратының орын алуымен жасалады [8, 9].

Сонымен қатар, әдебиеттерде [10, 11] кальций оксалатымен қатар тұну әдістемесі суреттеледі. Қатар тұну үдерісі қышқыл ерітіндіде $60-80^\circ\text{C}$ температура барысында қымыздық қышқылы немесе аммоний оксалатымен байытылған ерітіндімен жүргізіледі. Толықтай тұну үшін және ірікристалды кальций оксалатының тұнбасын алу үшін температуралық режимді қатаң сақтау қажет. Бұл біздің жағдайда мүмкін емес, себебі талдама жасау үшін үлкен көлемдегі сынамалар пайдаланылады.

Осылайша, ^{241}Am және ^{152}Eu қатар тұнуы бойынша көптеген әдістемелер радиоактивті емес және радиоактивті қоспалардың оларды алу барысындағы макромөлшерлерінен зерттеліп жатқан радионуклидтерді бөліп алуға, сонымен қатар пайдаланылған ядролық отынды қайта өңдеуге арналған.

Табиғи сулардан ^{241}Am және ^{152}Eu радионуклидтерін анықтау формасы да маңызды рөл атқаратынын айта кету қажет. Трансплутонийлі элементтердің (сонымен қатар ^{241}Am мен ^{152}Eu) жылыстауының негізгі көліктік агенті су ортасы – жерүсті және жерасты сулары болып табылады, олар түрлі шығу тегі бар ұсақдисперсиялы коллоидты бөлшектерден тұрады. Коллоидтық бөлшектердің химиялық құрамы, құрылысы,

көлемі көп жағдайда зерттеліп жатқан геохимиялық табиғатқа байланысты болады. Бөлшектер көп жағдайда органикалық емес немесе органикалық молекулярлық, олардың қосындыларынан, сонымен қатар микроағзалардан құралған қоспалардан тұрады. Коллоидтық бөлшектер химиялық белсенді беткі қабаттан тұрады және жалған коллоидтардың түзілісі бар америций мен европийдің гидролизіне бейімделген топырақасты судан сіңірілуге қабілетті. Радионуклидтердің коллоидты бөлшектермен сіңірілуі ионалмаспалы механизм бойынша немесе беткі кешендердің түзілуімен жүретін болады. Әдетте сулы ерітінділерде орын алатын лигандардың арасында осыған қатысты OH^- , CO_3^{2-} және гуминды заттектер кешенді заттектердің трансуранды элементтерімен түзілуге бейімділігіне байланысты үлкен қызығушылық тудырады. Белгілі болғандай [12], табиғи су ерітіндісінде: $\text{Am}(\text{OH})_2^+$, $\text{Am}(\text{OH})^{2+}$, Am^{3+} , $\text{Am}(\text{CO}_3)^+$, $\text{Am}(\text{CO}_3)_2^-$, сонымен қатар келесі құрамдардың кешені: $\text{AmOH}(\text{CO}_3)_2^-$, $\text{AmOH}(\text{CO}_3)_3^{4-}$ орын алған.

Зерттеулер жүргізу барысында коллоидты немесе жалған коллоидты радионуклидтің жағдайының болуы өте орынсыз. Околлоидты формадан ионды немесе молекулярлыққа өткізу үшін бірнеше тәсілдер бар оның біреуі ерітіндінің қышқылдығын арттыру. Осы мақсатта сынамаларды іріктеп алған соң және сүзгілеуден өткізген соң $\text{pH} = 2-3$ дейін азотты қышқылдың шоғырлануын қоса отырып консервацияны жүргізілді.

2. ТӘЖІРИБЕЛІК БӨЛІГІ

Осы жұмыс барысында, ^{241}Am және ^{152}Eu белгілі белсенділіктерден жасалған үлгідегі ерітінділерді қолдана отырып практикалық зерттеулер жүргізілді. Үлгідегі ерітінділерді дайындау үшін топырақтың белсенді сынамасынан қышқылдық сорғы алынды, ондағы белсенділік $A(^{241}\text{Am}) = n \cdot 10^5$ Бк/кг, $A(^{152}\text{Eu}) = n \cdot 10^3$ Бк/кг-ны құрады. $A(^{241}\text{Am})$ қышқылды сорғыда 20200 ± 70 Бк/л, $A(^{152}\text{Eu}) = 460 \pm 10$ Бк/л-ны құрады. Микроэлементтік талдамалаудың деректері бойынша қышқылды сорғыдағы элементтердің құрамы келесі мәндерді құрады: Fe – 3,2 г/л, Ca – 6,6 г/л, Al – 1,4 г/л, Cu – 4,6 мг/л, Mn – 73 мг/л, Zn – 10 мг/л.

Одан соң қышқылдық сорғы 10 рет араластырылды. Барлық тәжірибелерді өткізу үшін үлгідегі ерітінділер пайдаланылды, олар 10 л дистилденген судан дайындалды және оған қышқылдық сорғының ерітілген 2 мл ерітіндісі қосылды.

2.1. Қатар тұндырғыш – тұздарды алдын ала тандау

Тұздар-қатар тұндырғыштарды іріктеп алу үшін тәжірибелер жүргізу үшін, ерімейтін және аз еритін тұздарды түзетін қосындылар [13], аниондар Am және Eu түзетін ерімейтін және аз ертіін тұздар алынды:

- қатар тұндыру үшін кальций оксалатымен үлгідегі ерітіндіге кальций хлориді қосылады, есебі 1,5 г-нан 1 л ерітіндіге және қымыздық қышқылының қою ерітіндісі $\text{pH}=5$ бекіткенге дейін;
- қатар тұндыру үшін мыс гексацианоферратымен үлгідегі ерітіндіге pH 7-ге тең жағдайға дейін бейтараптандырылды және «коктейль» қосылды. «Коктейль» дайындау үшін 30 мл дистилденген су қолданылды, оған 3-4 тамшы 3М азот қышқылы, 8 мл 0,25 М калий гексацианоферратының ерітіндісі (II) және 10 мл 0,5 М мыс сульфатының ерітіндісі қосылып қышқылдандырылды. Алынған суспензия 1 минут араластырылды, 10 минут бойына қойылды,

одан соң тағы да 20 секунда араластырылды және үлгідегі ерітіндіге араластыру барысында енгізілді;

- қатар тұндыру үшін кальций фторидімен үлгідегі ерітіндіге кальций хлориді қосылады, есебі 1,5 г-нан 1 л ерітіндіге және 20 % аммоний фторидінің ерітіндісі рН=2 дейін;
- қатар тұндыру үшін темір гидроксидімен (III) үлгідегі ерітіндіге 20 % темір хлоридінің ерітіндісі қосылады, есебі 10 мл-дан 1 л ерітіндіге және 20 % натрий гидроксидінің ерітіндісі рН=7 дейін;
- қатар тұндыру үшін кальций карбонатымен үлгідегі ерітіндіге кальций хлориді қосылады, есебі 1,5 г-нан 1 л ерітіндіге және натрий карбонатының 20 % ерітіндісі рН=9 дейін.

Алынған ерітінділер, 30 минут ішінде араластырылады және 12 сағат бойында тұнба пайда болғанға дейін қойылады. Одан соң, тұнбаүсті сұйықтық декантрленеді, тұнба «Көк лента» сүзгісі арқылы сүзіледі, 50 °C температура барысында кептіріледі және радионуклидтердің тиесілі белсенділігін өлшеуге жіберіледі. Декантат және сүзгі қосылады және гамма-спектрометриялық өлшеу жүргізуге жіберіледі.

Әрбір тұздар – қатар тұндырғыштардың түріне жасалған тәжірибелер қайталанып отырды. Тәжірибелік зерттеулердің нәтижелері төмендегі 1-кестеде келтірілген.

1-кесте

²⁴¹Am және ¹⁵²Eu тұндыру үшін сантүрлі қатар тұндырғыштарды қолдану нәтижелері

Тұндырғыш ретінде қолданылатын қосылғыштар	рН ерітіндісі	Тұну дәрежесі, %	
		²⁴¹ Am	¹⁵² Eu
CaC ₂ O ₄	5	60±5	50±5
Cu[Fe(CN) ₆]	7	12±1	8±1
CaF ₂	2	25±3	33±3
Fe(OH) ₃	7	90±10	85±9
CaCO ₃	9	28±3	20±2

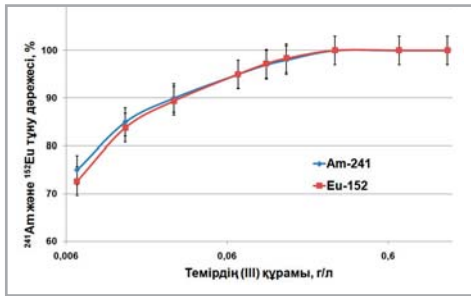
Жоғарыда келтірілгендерден байқағанымыз, ²⁴¹Am және ¹⁵²Eu иондары, сәйкесінше 90 % және 85 % темір гидроксидімен (III) толығырақ тұнады. Мыс ферроцианидіден қатар тұну аз тиімдірек өтеді: 12 % және 8 % сәйкесінше. Алынған деректердің негізінде темір гидроксидімен қатар тұну (III) одан арғы тәжірибелерді өткізу үшін басым бағыттардың бірі ретінде таңдап алынды.

Одан кейін, процесстердің өтуіне оңтайлы жағдайлар анықталды, оның ішінде қатар тұндырғыштардың мөлшері, рН ерітінді, толығырақ тұнуға қажетті уақыт, зерттеліп жатқан судың су құрамының және минералданудың әсері.

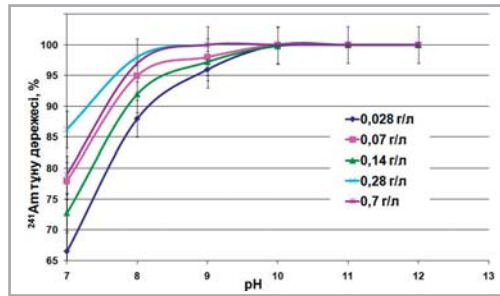
2.2. Қатар тұну мөлшерінен тұнудың толықтығына байланысты зерттеулер

Қатар тұндырғыштың мөлшеріне байланысты тұнудың толықтығын зерттеу үшін үлгідегі ерітіндіге темір хлоридінің ерітіндісін (III) түрлі мөлшерде қоса отырып бірқатар сынақтар өткізілген болатын. Осы мақсатта, үлгідегі ерітінділерге темір хлоридінің ерітіндісінің (III) Т (Fe³⁺)= 140 мг/мл көлемі 0,5 мл, 1 мл, 2 мл, 5 мл, 10 мл, 20 мл, 50 мл

және 100 мл болатын ерітінділер енгізілді. Тұну натрий гидроксидінің 20% ерітіндісімен, 9-ға тең pH ерітіндісі бекітілгенге дейін жүргізілді. Ерітінді 30 минут бойында араластырылды, 12 сағат бойы өз кемеліне жету үшін ұсталды. Одан соң, тұнбаүсті сұйықтық декантирленді, тұнба «Көк лента» сүзгісі арқылы сүзгіленді, 50°C температура барысында кептірілді және радионуклидтердің тиесілі белсенділігін өлшеуге жіберілді. Декантат және сусүзгі қосылып, гамма-спектрометриялық өлшеу жүргізуге жіберілді. Өлшеу нәтижелері төмендегі 1-суретте келтірілген.



1-Сурет. Fe^{3+} есептегенде түрлі мөлшердегі қатар тұндыру барысында ^{241}Am және ^{152}Eu тұну нәтижелері



2-Сурет. Fe^{3+} түрлі құрамына байланысты pH ортаның түрлі мәндегі қатар тұндырғыштары барысындағы ^{241}Am химиялық шығуына байланысты кестесі

Аталған жағдайда (pH=9) темір гидроксидінің (III) тұну барысындағы ^{241}Am және ^{152}Eu толық тұнуы тек 1 л ерітіндіге Fe^{3+} 0,28 г енгізу барысында ғана орын алады. Егер Fe^{3+} енгізілген мөлшері аз болған жағдайда ^{241}Am және ^{152}Eu тұну толық болмайды. Сонымен бірге, темір гидроксидімен (III) тұну процесін жүргізу барысында ^{241}Am және ^{152}Eu қозғалысының ұқсас сипаттары байқалады.

2.3. ^{241}Am және ^{152}Eu қатар тұнуына pH ерітінділерінің әсерін зерттеу

Бізді қызықтырушы изотоптардың тұну шамасына қатар тұндырғыштың шоғырлануынан басқа осы сәтке дейін ескерілмеген бірқатар факторлар әсер етеді. Оның ішінде pH ерітіндісі үлкен рөл атқарады.

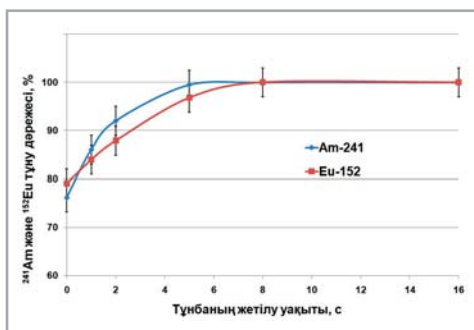
Ерітіндідегі қатар тұндырғыштың түрлі шоғырлану барысындағы тұнудың толықтығы pH түрлі мәндері барысында зерттелді. Ол үшін 5 сынақтан 6 тобы жүргізілді. Әрбір топ үшін үлгідегі ерітіндіге түрлі мөлшердегі темір хлоридінің ерітіндісі (III) T (Fe^{3+}) = 140 мг/мл қосылды. Әрбір топта темір хлоридінің ерітіндісінің (III) pH түрлі деңгейінде тұнуы жүргізілді, олар натрий гидроксидінің 20% ерітіндісінің мөлшерінде біртіндеп ұлғая отырып ретке келтірілді. Өлшеулерге деген дайындық 1.2.т. ұқсас жүргізілді. Сынақтардың нәтижелері 2-суретте келтірілген.

Тәжірибелердің нәтижелері бойынша, темірдің шоғырлануы ұлғайған сайын және pH ерітіндісінің ұлғайған сайын тұну жақсара түседі деген қорытынды жасауға болады. ^{241}Am қатар тұндыру үшін оңтайлы жағдай 1 л ерітіндіге 0,28 г Fe^{3+} есебінде енгізу болып табылады, ал pH ортасы үшін 9-ға тең. pH төмен мән болған жағдайда ^{241}Am тұнуы толық емес. pH ұлғаюы, табиғи суларда макромөлшерде кездесетін

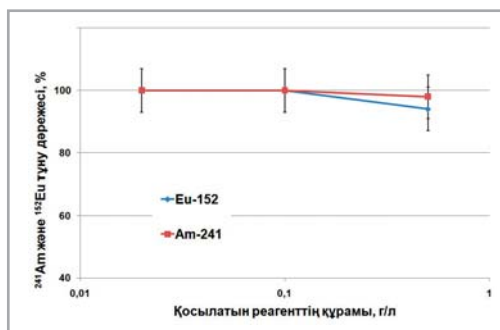
жерсілтілік металлдарда үлкен көлемдегі элементтердің тұнуына алып келеді. Аталған факт сол тұнбаның көлемінің ұлғаюына алып келеді, және алынған үлгінің өлшенуіне және сүзгілену процесінің қиындауына алып келеді.

2.4. Тұнудың толығы уақытына байланысты тұнудың толықтығын зерттеу

^{241}Am және ^{152}Eu толықтай қатар тұну үшін қажетті уақытты анықтау мақсатында, тәжірибелер жүргізілген болатын, оның барысында алдыңғы тәжірибелерге ұқсас алынған ^{241}Am және ^{152}Eu темір гидроксидімен (III) қатар тұндырылды. Осы мақсатта, үлгідегі ерітіндіге 1 л ерітіндінің 0,28 г Fe^{3+} есебінде және $\text{pH}=9$ деңгейі бекітілгенге дейін натрий гидроксидінің 20% ерітіндісі енгізілді. Тұнбасы бар ерітінді тиянақты түрде араластырылып сүзілді: біріншісі – бірден тұнғаннан соң, ал кейінгілері – тұнғаннан соң 1, 2, 5, 8 және 16 сағаттан кейін. Тұнбалар 50°C температура барысында кептірілді және гамма-спектрометриялық өлшеулерге жіберілді. Суретте гамма-спектрометриялық өлшеулерге жіберілді. Тәжірибелердің нәтижелері 3-суретте көрсетілген.



3-сурет. Тұнбаның толығы уақытына орай ^{241}Am және ^{152}Eu химиялық бөлінуіне байланысты кестелер



4-сурет. Табиғи сулардың органикалық құрауышының түрлі мөлшеріне орай ^{241}Am және ^{152}Eu химиялық бөлінуіне байланысты кестелер

Осылайша, тұнбаның толығыуына тиімдірек уақыт 8 сағатқа тең болып табылады. Тұнбаның толығы уақыты азайтылған жағдайда ^{241}Am және ^{152}Eu радионуклидтерінің тұну дәрежесі азаяды. Ерітіндідегі тұнбаның толығы уақытының ұлғаюы тұнбаның толығыуына әсер етпейді.

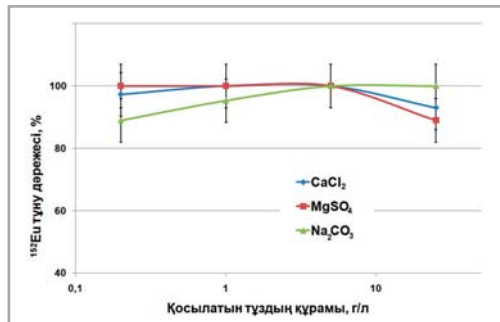
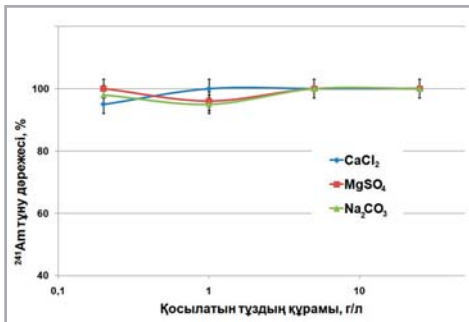
2.5. ^{241}Am және ^{152}Eu қатар тұну процесіне табиғи сулардың химиялық құрамының әсерін бағалау

Табиғи сулардың химиялық құрамы ерітілген минералды және органикалық зат-тектердің иондық, молекулярлық, кешенді және коллоидтық күйіндегі күрделі кешендерден тұрады. Сәйкесінше, табиғи сулардың ^{241}Am және ^{152}Eu қатар тұну процесіндегі химиялық құрамына әсер етуін анықтау үшін қажет.

Табиғи сулардың минералдық құрамының әсерін анықтау үшін, катиондар мен аниондардың түрлері мен мөлшері орын алған жағдайда ^{241}Am және ^{152}Eu қатар тұнуы бойынша тәжірибелердің 3 тобы өткізілді. Үлгідегі ерітінділердің бірінші тобында

кальций хлориді, ал екіншісінде – магний сульфаты, үшіншісінде – натрий карбонаты қолданылды. Аталған қосындылар негізі макромөлшерде табиғи суларда орын алған. Әрбір топтағы тәжірибе барысында үлгідегі ерітіндіге белгілі бір мөлшерде тұз салынып отырды. Одан кейін, ^{241}Am және ^{152}Eu темір гидроксидімен (III) қатар тұндыру жұмысы жүргізілді, оның барысында алдыңғы тәжірибелерге ұқсас алынған үлгідегі ерітіндіге 1 л ерітіндінің 0,28 г Fe^{3+} есебінен және $\text{pH}=9$ деңгейі бекітілгенге дейін натрий гидроксидінің 20% ерітіндісі енгізілді. Тұнбасы бар ерітінді 30 минут ішінде араластырылды және 8 сағат бойында толықты. Одан кейін, тұнбаүсті сұйықтық декантірленді, тұнба сүзгіленді, 50 °C температура барысында кептірілді және тиесілі белсенділікті өлшеуге жіберілді. Декантат пен сусүзгі біріктіріліп, гамма-спектрометриялық өлшеулерге жіберілді. Тәжірибенің нәтижелері төмендегі 5-суретте келтірілген.

Зерттеу нәтижелерінен көрініп тұрғандай, ерітіндідегі минералдық тұздардың орын алуы ^{241}Am және ^{152}Eu изотоптарының қатар тұну дәрежесіне онша әсер етпейді, өлшеу нәтижелерінен ауытқу дәлсіздік шегінде орын алған.



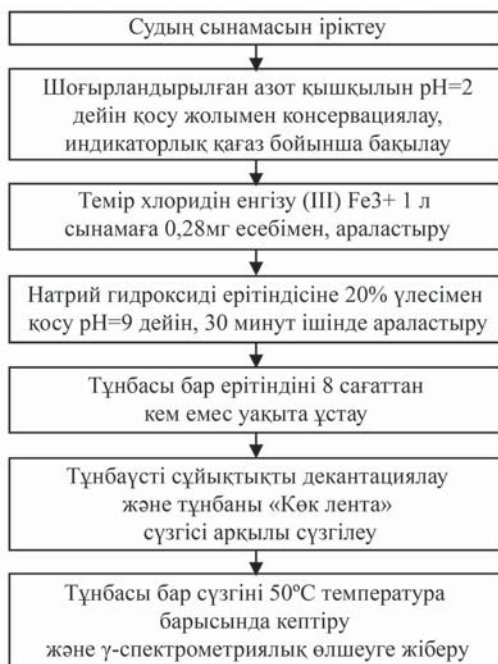
а) б)
5-сурет. Түрлі тұздар мен оның мөлшері орын алған жағдайда ^{241}Am (а) және ^{152}Eu (б) химиялық бөлінісіне байланысты кестелер

Табиғи сулардың органикалық құрауышына әсер етуін анықтау мақсатында ^{241}Am және ^{152}Eu қатар тұну процесінде гуматтың орын алуына тәжірибе жүргізілді. Гумат – бұл табиғи органикалық қосындылардың күрделі қоспасы, ол курап түскен өсімдіктер мен олардың гумификациясы б.а. микроағзалардың, ылғалдың, атмосферадағы оттегінің қатысуымен гумуска органикалық қалдықтардың биохимиялық ыдырау өнімдеріне айналуы. Гумат ретінде «Гумат» коммерциялық өнімі пайдаланылды, ол ТУ 2387-СО7-32997408-02 сәйкес өндірілді, оның құрамында 40% төмен емес гуминді қышқыл орын алған. Гуматтан $T=2$ г/л ерітіндісі дайындалды. Үлгідегі ерітіндіге аталған ерітіндіні енгізлетін реагентпен 0,02 г, 0,1 г және 0,5 г сәйкесінше мөлшерде қосылды. Одан соң, ^{241}Am және ^{152}Eu темір гидроксидімен (III) қатар тұндыру жұмысы жүргізілді, оның барысында алдыңғы тәжірибелерге ұқсас алынған үлгідегі ерітіндіге 1 л ерітіндінің 0,28 г Fe^{3+} есебінен және $\text{pH}=9$ деңгейі бекітілгенге дейін натрий гидроксидінің 20% ерітіндісі енгізілді. Тұнбасы бар ерітінді 30 минут ішінде араластырылды және 8 сағат бойында толықты. Одан кейін, тұнбаүсті сұйықтық декантірленді, тұнба сүзгіленді, кептірілді және тиесілі белсенділікті өлшеуге жіберілді. Декантат пен сусүзгі біріктіріліп, гамма-спектрометриялық өлшеулерге жіберілді. Тәжірибенің

нәтижелері төмендегі 4-суретте келтірілген. Өлшеу нәтижелерінен көрініп тұрғандай, тек органикалық құрауыштың қомақты бір бөлігі ^{241}Am және ^{152}Eu изотоптарның қатар тұну дәрежесіне әсер ететіні байқалады. Үлгідегі ерітіндіге 0,5г гумат агентін қосқан жағдайда ^{241}Am 2 % және ^{152}Eu 6 % қалады. Алайда, органикалық құрауыштың жоғары құрамы тек жергілікті жердегі табиғи суларға ғана тән, топырақтың негізгі түрлері шымтезек, қоңыр көмір, сапропельдер болып табылады. Топырақтың бұндай түрлері ЦСП аумағына тән емес. Сол себепті, аталған дерек табиғи суларды талдамалау кезінде ^{241}Am және ^{152}Eu қатар тұну процесін өткізу барысында әсер етпеуі тиіс.

3. ӘДІСТЕМЕНІ ҚОЛДАНЫП КӨРУ ЖӘНЕ АНЫҚТАУ ШЕГІН БАҒАЛАУ

Өткізілген тәжірибелердің негізінде, үлкен көлемдегі сынамаларға ^{241}Am және ^{152}Eu изотоптарының шоғырлану процесін өткізудің түбегейлі сұлбасы құрылды, ол төмендегі 6-суретте келтірілген.



6-сурет. Талдама жасау сұлбасы

Әзірленген сұлбаның негізінде, шоғырландыру процесін өткізген соң ^{241}Am және ^{152}Eu изотоптарын анықтау шегін теориялық бағалау жүргізуге болады. Себебі, тура гамма-спектрометриялық өлшеулер барысында ^{241}Am анықтау шегі 3 Бк/үлг, ал ^{152}Eu – 4 Бк/үлг құрады, алайда көлемі 100 л сынаманы шоғырландыру барысында анықтау шегі ^{241}Am – 0,002 Бк/л, ^{152}Eu – 0,004 Бк/л құрауы тиіс.

^{241}Am және ^{152}Eu темір гидроксидімен (III) қатар тұндырудың тиімділігі аталған радионуклидтердің белсенділігі анық бірқатар үлгідегі ерітінділермен нақтылан-

ды (2-кесте). Тұну көлемі 100 литр ерітіндіден жүргізілді, олар 10 л-ден ыдыстарға 10 бөлікке тепе-тең бөлінді. Шоғырландыру сұлба бойынша әзірленген әдістемеге сай, төменде берілген 6-суретке сәйкес жүргізілді. Кептірілген соң тұнбалары бар сүзгілер 10 ыдыстан бір үлгіге қосылды, ол ^{241}Am және ^{152}Eu изотоптарының тиесілі белсенділігін өлшеуге жіберілді. Су тұнба бөлініп алынған соң декантаттармен қосылды, ерітіндінің сынамасы іріктелді, ол да тиесілі белсенділігін өлшеуге жіберілді. Біріктірілген ерітіндідегі сусүзгімен декантаттарда ^{241}Am және ^{152}Eu тиесілі белсенділігінің мәні қолданыстағы әдістеменің анықтау шегінен төмен деңгейде жатыр, атап айтқанда $<0,04$ Бк/л құрайды.

2-кесте

Процесті өткізудің онтайлы шаралары барысында, ^{241}Am және ^{152}Eu темір гидроксидімен (III) қатар тұну дәрежесін зерттеу нәтижелері

Ерітінді №	Ерітіндіде тұнғанға дейінгі ^{241}Am тиесілі белсенділігі, Бк/л	Тұнбадағы ^{241}Am тиесілі белсенділігі, Бк/л	^{241}Am тұну дәрежесі, %	Ерітіндіде тұнғанға дейінгі ^{152}Eu тиесілі белсенділігі, Бк/л	Тұнбадағы ^{152}Eu тиесілі белсенділігі, Бк/л	^{152}Eu тұну дәрежесі, %
1	40±4	40±4	100	0,9±0,1	0,9±0,1	100
2	40±4	36±4	90	0,9±0,1	0,8±0,1	89
3	40±4	39±4	97,5	0,9±0,1	0,9±0,1	100
4	40±4	39±4	97,5	0,9±0,1	0,8±0,1	89
5	40±4	38±4	95	0,9±0,1	0,7±0,1	78
6	40±4	39±4	97,5	0,9±0,1	0,9±0,1	100
Орташа мәні:			96	Орташа мәні:		

Кестеде берілген деректер бойынша, химиялық бөліну ^{241}Am үшін 96 %, ал ^{152}Eu үшін 93 % құрағаны байқалады.

Аталған әдістеме, Семей сынақ полигонының түрлі су көздерінен алынған бірқатар сынамаларда жемісті түрде қолданылды («Дегелең» ал., «Шаған» өз.). Әрбір сынама 100 литрден кем емес көлемде алынды. Сынама дайындау жоғарыда көрсетілген сұлбаға ұқсас жүргізілді. Талдамалардың нәтижелері 3-кестеде келтірілген.

3-кесте.

Судың сынамаларындағы ^{241}Am және ^{152}Eu анықтау нәтижелері

№	Іріктеу нүктесі	Тиесілі белсенділік, Бк/л (тұну әдісі)		Тиесілі белсенділік, Бк/л (булану әдісі)	
		^{241}Am	^{152}Eu	^{241}Am	^{152}Eu
1	ІІІ.	$(6,2\pm0,6)*10^{-2}$	$(5,4\pm0,3)*10^{-2}$	$(6,5\pm0,5)*10^{-2}$	$(5,8\pm0,3)*10^{-2}$
2	«Шаған» өз.	$(5,4\pm0,4)*10^{-2}$	$(4,8\pm0,3)*10^{-2}$	$(5,6\pm0,4)*10^{-2}$	$(4,2\pm0,3)*10^{-2}$

Қатар тұндыру әдісімен сынамаларды шоғырландыру барысында алынған нәтижелер, буландыру әдісімен сынамаларды шоғырландыру барысында алынған деректермен нақтыланды. Сонымен қатар, қатар тұндыру әдісімен 1 сынаманы шоғырландыру 40 сағатқа созылады, ал буландыру әдісімен – 170 сағатқа созылады, бұл қатар тұндыру әдісінің басымдылығын көрсетеді.

ҚОРЫТЫНДЫ

Судағы ^{241}Am және ^{152}Eu радионуклидтерінің төмен деңгейде шоғырлануын анықтау үшін сынамалардың әдісі әзірленді. Қатар тұндыру жолымен ^{241}Am және ^{152}Eu изотоптарының шоғырлануы темір гидроксидін (III) пайдалану барысында тиімдірек қатар тұндыру ретінде 1 л сынамаларына 0,28 г Fe^{3+} есебімен жүргізілді. Қатар тұндыру процесін өткізудің оңтайлы шарттары: рН деңгейінің ерітіндісі 9-ға тең; толықтай қатар тұнуға қажетті уақыт, – 8 сағат.

Әзірленген әдістеме бойынша судың сынамаларындағы ^{241}Am және ^{152}Eu радионуклидтерін анықтау барысында ^{241}Am – 0,002 Бк/л, ^{152}Eu – 0,004 Бк/л-ға тең болатын анықтау шегіне қол жеткізіледі.

Осылайша, әзірленген әдістемені табиғи сулардың радиоактивті ластануын зерттеу барысында сынамаларды дайындау технологиясын жетілдіру үшін пайдалануға болады.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. Мошков А.С., Лукашенко С.Н., Яковенко Ю.Ю., Стрильчук Ю.Г., Коровина О.Ю., Каширский В.В., Шатров А.Н., Яковенко А.М. Семей сынақ полигоны «Тәжірибе даласы» алаңының радионуклидті ластану сипаты мен деңгейлері // Қазақстан Республикасы Ұлттық ядролық орталығының 2010 ж. еңбектер жинағы. 3-Шығ. – Павлодар: Баспа Үйі, 2011. – 13-81 б.
2. Каширский В.В., Лукашенко С.Н., Коровина О.Ю., Шатров А.Н. ССП негізгі сынақ алаңдарының топырағындағы ^{241}Pu және ^{241}Am белсенділігінің арақатынасын зерттеу // 2007 – 2009 жж. Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының еңбектер жинағы / жетекш. Лукашенко С.Н. – 2-Шығ. – Павлодар: Баспа Үйі, 2010. 203-221 б.
3. Москвин Л.Н., Родинков О.В. Аналитикалық химиядағы бөлу және шоғырландыру әдістері – Долгопрудный: «Интеллект» баспа үйі, 2011. – 352 б.
4. Мясоедов Б.Ф., Гусева Л.И. Трансплутонийлі элементтердің аналитикалық химиясы, М: Наука, б. 109-120, 1972 ж.
5. Vajda N., Kim C-K. Determination of ^{241}Am isotope: a review of analytical methodology // Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 2010, Volume 284, с 341-366.
6. Mathew E., Matkar V. M., Pillai K. C. Determination of plutonium, americium and curium in environmental materials // Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 1985, Volume 62, с 267-278.
7. Kimura T. Sequential separation of neptunium, plutonium, americium and curium using coprecipitation with bismuth phosphate // Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 1990, Volume 139, с 307-314.
8. Berlizov A. N., Sajeniouk A. D., Tryshyn V. V. A technique for the determination of ^{90}Sr , plutonium and americium isotopes in environmental samples // Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 2005, Volume 263, с 307-310.

9. Joshi S. R. Lanthanum fluoride coprecipitation technique for the preparation of actinides for alpha-particle spectrometry // Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 1985, Volume 90, с 409-414.
10. Фрумина Н.С., Кручкова Е.С., Муштакова С.П. Кальцийдің аналитикалық химиясы, М: Наука, б. 26-31, 1974.
11. Sajeniouk A. D. Routine radiochemical method for the determination of ^{90}Sr , ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{241}Am and ^{244}Cm in environmental samples // Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 2005, Volume 264, с 337-342
12. Андерсон Е.Б., Рогозин Ю.М., Смирнова Е.А. және басқ. // Үлгідегі топырақасты судан гранодиоритпен және шынымен актинидтердің (Am(III) , Pu(IV)) сіңіру процесінің ерітінділеріне коллоидтық құрауышының әсері // Радиохимия. 2009. Т. 51. N5. б. 473 – 480
13. Угай Я.А. Жалпы және органикалық емес химия, М: Жоғарғы мектеп, 2007

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПОДГОТОВКИ ПРОБ
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НИЗКИХ КОНЦЕНТРАЦИЙ
РАДИОНУКЛИДОВ ^{241}Am И ^{152}Eu В ВОДЕ**

Айдарханова А.К., Лукашенко С.Н., Генова С.В.

***Институт радиационной безопасности и экологии НЯЦ РК,
Курчатов, Казахстан***

В данной статье представлена разработка методики подготовки проб к определению малых концентраций ^{241}Am и ^{152}Eu в пробах воды. Для определения малых концентраций исследуемых радионуклидов был выбран метод концентрирования из больших объемов проб воды 100 л путем соосаждения с солями – соосадителями. В качестве соли – соосадителя использован гидроксид железа (III) в количестве 0,28 г Fe^{3+} на 1 л пробы. Определены основные условия проведения процессов: pH раствор равный 9; время, необходимое для наиболее полного осаждения, равно 8 часам.

Эффективность методики доказана на модельных растворах и при использовании другого метода концентрирования.

Ключевые слова: ^{241}Am , ^{152}Eu , концентрирование, соосаждение, модельный раствор, природные воды, загрязнение.

DEVELOPMENT OF TECHNIQUES FOR SAMPLE PREPARATION TO DETERMINE LOW CONCENTRATIONS OF ^{241}AM AND ^{152}EU IN WATER

A.K.Aidarkhanova, S.N.Lukashenko, S.V.Genova

Institute of Radiation Safety and Ecology NNC RK, Kurchatov, Kazakhstan

This paper presents the development of methods for preparing samples to determine low concentrations of ^{241}Am and ^{152}Eu in water samples. To detect small concentrations of radionuclides studied we've chosen concentration of large amounts of water samples 100 liter by co-precipitation with salts – co-precipitants. As salt coprecipitant we used iron hydroxide (III) in an amount of 0.28 g of Fe^{3+} per 1 liter sample. The basic conditions of the process have been identified: the solution pH equal to 9, time needed for full precipitation equal to 8 hours.

Efficiency of the method is proved on model solutions and on the use of another method of concentration.

Keywords: ^{241}Am , ^{152}Eu , concentration, co-precipitation, model solution, natural waters, contamination.

УДК 541.13: 535.853.22:53.08:546.799.4

ЭЛЕКТРОХИМИЯЛЫҚ ТҰНДЫРУ ӘДІСІМЕН СПЕКТРОМЕТРИЯЛЫҚ ӨЛШЕУЛЕР ҮШІН ЕСЕПТІК ҮЛГІЛЕРДІ АЛУ ШАРТЫН ОҢТАЙЛАНДЫРУ

**Кириллов В.Д., Говенко П.В., Коровина О.Ю., Кириллова Т.Г.,
Мельничук А.А., Мухамедияров Н.Ж., Шатров А.Н.**

***ҚР ҰАО Радиациялық қауіпсіздік және экология институты,
Курчатов, Қазақстан***

^{242}Pu үшін тұрақты уақыттың әсерінен $T = f(S_{\text{сан}}, V_{\text{ұш}})$ электролитиялық ұяшықтарда тұну-дағы ұзақтығы, токтың тығыздығы және тұнған қатпардың сапасы зерттелді. Тұнған қатпардың сапасы мен оның тығыздығы (мкг/см^2) электронды микроскопия әдісімен бақыланды. Алынған материалдың негізінде электролитиялық ұяшықтың геометриясы мен құрылымы таңдалды. $D = \text{const}$ тоғының тығыздығы барысындағы тұну уақытының қызметі ретінде және $t = \text{const}$ тұну уақыты барысындағы электролиз тоғының шамасынан ^{242}Pu тұнуынан есептеу жылдамдығының байланыстылығы белгіленді. Аталған жұмыстың нәтижелерін талқылау барысында алынған деректер жиынтығы α –спектрометриялық өлшеулер үшін сапалы есептік үлгіні алу мақсатында электролиз процесін басқару үшін қажетті және жеткілікті деген тұжырым жасалды.

Түйін сөздер: электролизер құрылымы, электролитиялық ұяшық геометриясы, ^{242}Pu тұнуы, есептік үлгі.

КІРІСПЕ ЖӘНЕ МІНДЕТТЕРДІ ҚОЮ

Плутонийді α –спектрометрия әдісімен мөлшерлік анықтау барысында дайындалған есептік үлгінің сапасы радиакалды түрде орындалған өлшеудің шынайылығына және дәлдігіне әсер етеді. Үлгілердің параметрлерін анықтаушы ретінде көбіне тұнған үлдірдің біркелкілігі және тығыздығы да әсер етеді, олар тәжірибеде 50 мкг/см^2 аспауы тиіс, себебі α –бөлшектердің өздігінен сіңірілуі өте қомақты болып табылады бұл оның энергетикалық орындалуының нашарлауына алып келеді.

Орындалған есептік үлгілердің үлдірлерінің тұнуының әртүрлі тәсілдері бар, олар тот баспайтын болаттың дөңгелек төсемдерінде орын алған. Болат төсемнің астындағы беткі жағына құйылған ерітіндінің тамшыларының булануы арқылы үлдірді алу тәсілі мәлім. Бұндай тәсіл, жылдам орындалады, алайда едәуір олқылығы бар – ол көбіне біркелкі болып шықпайды, ал процесс аяқталған соң беткі қабатында кристалл қоспалары пайда болады. Көздерде келтірілген сипаттамаларға сәйкес [1] болат төсемінде плутонийдің электролитиялық тұну тәсілінің бұндай олқылықтары жоқ. Электролитиялық тұну әдісімен дайындалған сынамалар жұқа және әркелкі болып табылады. Бұл әдіс көбіне бөгде тұздар жоқ таза плутоний ерітінділерінен эталонды препараттарды дайындау үшін пайдаланылады, алайда ұзақ уақыт бойы жүргізіледі және арнайы аспапты қажет етеді. Одан басқа, электрохимиялық тұнудың күнделікті практикасында қоспасыз реактивтерді абсолютті пайдалану мүмкін емес. Электролизердің құрылысы, араластыру жылдамдығы және катодтың беткі жағындағы арақатынасы мен ерітіндінің көлемі шындығында электролизердің көмегімен анықталады, ол

7-8 сағат аралығына дейін жетуі мүмкін, ал электролизиялық ұяшықтың құрылымы өте күрделі [2] және ол көптеген бөлшектерден тұрады[3].

Осыған байланысты, осы жұмыста бірнеше мәселе алға қойылды:

1. Электролит ерітіндісінің көлеміне электролитиялық ұяшықтың катодының аумағының арақатынасына байланысты электролизер тогының тығыздығына тәуелділігін алу $D = f(S_{\text{сан}} / V_{\text{эл}})$.
2. Тіркеуші детектордың диаметрінен аспайтын сіңірмейтін есептік үлгілерін алуға мүмкіндік беретін электролитиялық ұяшықтың құрылымдарының ($S_{\text{сан}}, V_{\text{эл}}$) көлемін таңдап алу. Байланыстылыққа қатысты $D = f(S_{\text{сан}} / V_{\text{эл}})$, токтың жұмыс тығыздығын алу.
3. Электролиздің тогының бекітілген мәнін алу барысында (токтың тығыздығы) уақытқа байланысты $N(^{242}\text{Pu} \%) = f(t)$, ^{242}Pu тұнудың есебінің жылдамдығына байланыстылығын зерттеу.
4. Электролиздің ағындағы тогының шамасынан ^{242}Pu тұнуын есептің жылдамдығына байланыстылығын зерттеу 30-дан 70 мин дейінгі аралықта белгіленген уақыт мәні барысында (токтың тығыздығы), $N(^{242}\text{Pu} \%) = f(J)$.
5. Жоғарыда көрсетілген мәселелерді шешу барысында электронды микроскопияны пайдалана отырып плутонийдің тұнған үлдірінің сапалысын анықтау және токтың тығыздық шамасы мен тұну уақытын анықтау.

1. ТӘЖІРИБЕЛІК БӨЛІГІ

1.1. Бірінші қойылған мәселе электролизердің тогының тығыздығын (D) электролитиялық ұяшықтың катодының аумағына қатыстылығына байланыстылығы ($S_{\text{сан}}$) ерітіндінің көлеміне ($V_{\text{эл}}$) электролиттің (ұяшығының) байланыстылығын алу $D = f(S_{\text{сан}} / V_{\text{эл}})$. Ол үшін, бұдан бұрынғы жұмыстарда келтірілген зерттеулердің нәтижелері зерделенді [2, 3, 4], ол жерде катодтың диаметрі жайлы, электролитиялық геометрияның ұяшықтары, пайдаланылған электролиттің көлемі және тұнудың жұмыс тогы жайлы деректер орналасқан. Алынған деректердің негізінде, электролиттің көлеміне аумақтың арақатынасынан электролитиялық ұяшығына токтың тығыздығының байланыстылығы құрылған болатын.

1.2. $D = f(S_{\text{сан}} / V_{\text{эл}})$ байланыстылығынан токтың жұмыс тығыздығының шамасын алу үшін, ұяшықтың түбіндегі тесіктің диаметрі 1,3 см тең етіп алынды, бұл $S = 1,3 \text{ см}^2$ катодының аумағына сәйкес келеді. Электролиттің көлемі $V = 10$ мл мәнінде қабылданды. 1.1. тармақ бойынша құрылған байланыстылықты пайдалана отырып, және электролиттің көлемі мен катодтың аумағының қабылданған мәндері бойынша электролиздің тогының жұмыс тығыздығы анықталды, ол төмендегі міндеттерді шешуге мүмкіндік берді.

1.3. $N = f(J)$ және $N = f(t)$ байланыстылығын құру үшін трассер – плутоний радионуклидінің ерітіндісі – 242 тиесілі белсенділігі 1,02 кБк/г қолданылды, шығарушы мекеме «В.Г.Хлопин ат. Радий институты ҒӨБ» ФМУК «Росатом» мемлекеттік корпорациясы. Көлемі 0,4 мл трассер электролитиялық ұяшыққа орналастырылды, ол электролиттің 10 мл су ерітіндісімен толтырылды, оның құрамында екі химиялық аг-

рессивті құрауыш орын алды: 1М аммоний хлориді және 0,01М аммоний оксалаты, ол бөлінетін газдарды электролитпен араластыруда қолдануға мүмкіндік берді [5].

1.4. $N = f(J)$ функцияларын зерттеу үшін бекітілген уақыт мерзімі 1 сағатқа тең болатын уақыт таңдап алынды. ^{242}Pu (трассер) тұнуы барысында 400, 600, 800, 1000, 1200, 1400 және 1600 мА тең болатын электролиз тогының мәні таңдап алынды. Алынып жатқан үлгілердің альфа-спектрометриялық өлшеулері Canberra 7401 альфа-спектрометрде жүргізілді. ^{242}Pu плутоний изотопының электрохимиялық бөлінісін (X) есептеу келесі мәнге сәйкес іске асырылды:

$$X = N / \varepsilon A_{\text{тр}},$$

мұндағы: N – бұл жерде, ^{242}Pu тіркеу терезесіндегі есептеу жылдамдығы;

$A_{\text{тр}}$ – тұну барысында электролитке енгізілген, трассердың белсенділігі;

ε – детекторды тіркеу тиімділігі.

Тіркеудегі тиімділіктің мәні 0,3 тең болып аспаптың төлқұжатынан алынған болатын. Тиімділіктің аталған мәні, өлшеу камерасындағы көз детектордан минималды арақашықтықта орналасқан жағдайға сәйкес келеді. Сол себепті, барлық өлшеулер «детектор-көз» бекітілген арақашықтығында жүргізілді.

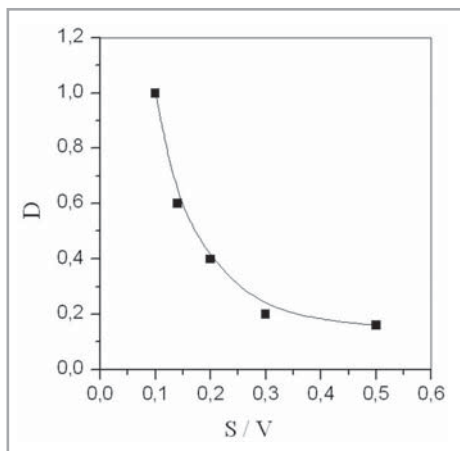
1.5. Өз кезегінде $N = f(t)$ функциясын зерттеу үшін 30, 40, 50, 60 және 70 минутқа тең трассердың тұну уақытының мәні таңдап алынды. Тұну 1400 мА тең бекітілген электролизер тогы барысында жүргізілді. Сәулелендіргіш үлгіні есептеу жылдамдығы α -спектрометриялық әдіспен бекітілді. Деректерді талдамалау нәтижесінде 60 мин тең уақыттың мәні алынды, оның барысында трассердың толық тұнуына қол жеткізіледі.

1.6. Тұнатын үлдірлердің сапасын бағалау макро- және микрофотографияны қолдана отырып жүргізілді. Макрофотографиялар Canon PowerShot SX260HS цифрлік фотоаппаратымен алынған болатын. Микрофотографиялар төменвакуумды аналитикалық ерітіндімен «JSM-6390LV» фирмы JEOL, Япония, электронды микроскопымен (РЭМ), $\times 650$ ұлғайту арқылы жасалған болатын. Сонымен бірге, тот баспайтын болаттан жасалған қалыңдығы 0,5 мм төсемі тұнған үлдірмен тура бұрыш арқылы үлдірдің тегістігімен кесілді, одан соң үлгі микроскоптың камерасына фотосуретті алу үшін салынды.

2. ЖҰМЫС НӘТИЖЕЛЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ТАЛҚЫЛАУ

2.1. $D = f(S_{\text{кат}} / V_{\text{эл}})$ электролит көлеміне катодтың аумағына қатыстылығынан электролизер тогының тығыздылығына байланыстылығын зерттеу нәтижелері төмендегі кестеде келтірілген (1-сурет).

Көптеген жарияланған жұмыстарда катодтың аумағы шамамен 1,3 см² құрайды, ол жұмыс төсемінің диаметрімен жақсы сәйкес келеді, ол РКЭИ РХЗ зертханасында пайдаланылады. Электролиттің қолайлы көлемі 10-12 мл шамасындағы S/V қатынасы 0,13 тең. Жоғарыдағы суретте көрсетілген байланыстылыққа (1-сурет) қатысты аталған арақатынастығы токтың тығыздығының шамасы 1,07 А/см² тең, бұл электролизер тогына 1,4 А сәйкес келеді.

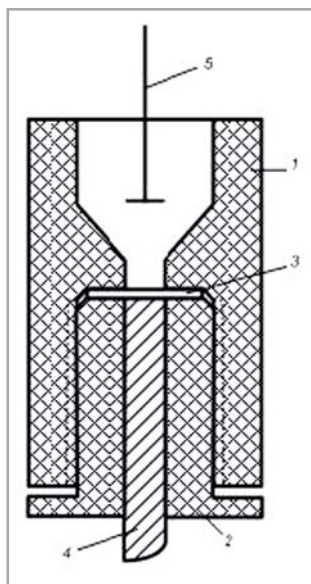


1-Сурет. Электролит көлеміне катодтың аумағына қатыстылығынан электролизер тогының тығыздылығының байланыстылығы

Алынған байланыстылықтан сонымен қатар көрініп тұрғандай, $S_{\text{сан}} / V_{\text{эл}}$ факторының шексіз ұлғайған сайын D тогының тығыздығы экспоненциалды түрде нөлге қарай жылжитын болады. Практикада бұл, электролиттің көлемі тұрақты ұлғайған сайын катодтың аумағы шексіз өсетін болады және электролитиялық ұяшықтың геометриясы белгілі бір жайпақ диск күйінде болады деген сөз. Және керісінше, егер $S_{\text{сан}} / V_{\text{эл}}$ факторы нөлге қарай кемитін болса, токтың тығыздығы электролиттің тең көлемінде тең жағдайда тоқтаусыз ұлғая беретін болады, ал электролитиялық ұяшық өте ұзын тікшеден тұратын болады. Бұл екі шектегі жағдайда $S_{\text{сан}} / V_{\text{эл}}$ аргументтерінің көптеген мәндерінен біз 0,13 тең мәнді таңдап алдық, оның 10 мл электролиттегі көлемі катодтың $1,3 \text{ см}^2$ аумағына және электролиз тогының $0,92 - 1,07 \text{ А/см}^2$ тығыздығына сәйкес келетін болады, бұл аталған катодтың аумағы бойынша $1200 - 1400 \text{ mA}$ тогына сәйкес келеді. Осылайша, электролитиялық ұяшықтың геометриясы диаметрі $2,7 \text{ см}$, биіктігі 4 см болатын екікамералы цилиндр ретінде анықталды, оның жоғары камерасына көлемі 10 см^3 болатын электролит құйылады, ал төменгі камерада электролитке қараған беткі жағымен тот баспайтын болаттан жасалған дөңгелек төсем (катод) орналасқан, ол аумағы $1,3 \text{ см}^2$ болатын жоғары камераның түбіндегі дөңгелек тесікті жауып тұрады. Төмендегі суретте ұяшықтың құрылымы көрсетілген (2-сурет).

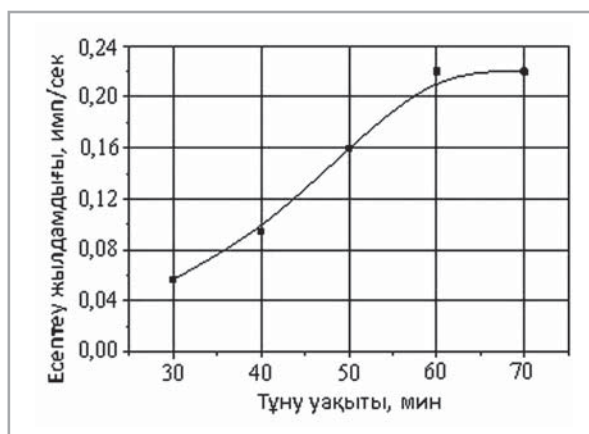
2.2. Тәжірибелік деректердің, 1400 mA ток барысындағы электролиздің ұзақтығынан ^{242}Pu % тұнуынан жылдамдықтың байланыстылығын көрсететін нәтижелері төмендегі кестеде келтірілген (3-сурет).

Бұл жағдайда, автордың жұмысы барысында да [3], кесте электролиздің алғашқы уақыт бойындағы желілік байланыстылықтан тұрады, бұл электролизді бір сағат уақыт бойында жалғастырудың одан ары ешбір маңызы жоқ деген сөз; себебі бұл уақытта ^{242}Pu максималды бөлінуі орын алады, бұндай жылдамдықты есептеу жағдайы 100% анықталған болып табылады. Бұл деректі, жоғарыда қойылған мәселелер шеңберінде ұяшықтардың параметрлерін оңтайлы таңдау тұрғысынан түсіндіруге болады.



2-сурет. Электролитиялық ұяшықтың құрылымының жиынтығы:

1 – ұяшықтың корпусы, 2 – бекітілген тығын, 3 – төсем, 4 – катод, 5 – анод



3-сурет. Тұну уақытынан есептеу жылдамдығына байланысты кестесі

2.3. ^{242}Pu максималды тұнуын, қысқа уақыт ішінде, токтың күшін ұлғайтып ерітінді арқылы электрдің сол бір мөлшерін өткізе отырып алуға да болады, алайда бұл жағдайда катодтың беткі жағындағы микро кедір-бұдырлықта шнурлау әсері пайда болады және тұнған үлдірдің сапасы бірден нашарлайды [6]. Токтың күшінің азаюы, тиісінше тұнған үлдірдің сапасы жақсы болғанда электролиздің ұзақтығының ұлғаюына алып келеді. Төмендегі суретте (4-сурет) электролиз тогының түрлі шамалары, олар электролиздің тогының түрлі шамасы барысында алынған есептік үлгілері көрсетілген.



4-сурет. Токтың күшіне байланысты тұнған ^{242}Pu беткі қабатының көрінісі; сәйкесінше солдан оңға қарай 800 mA, 1200 – 1400 mA, 2000 mA

Келтірілген фотосуретте көрсетілгендей, 800 mA электролиз тогы барысында белгілі болғандай тұнған қоспалы катиондар мен тұнған ^{242}Pu құрамы бар сәл-пәл көрінетін үлдір байқалады. Электролиздың тогы 2000 mA барысында токтың шнурлану іздері анық көрінеді, ол үлдірдің тұнуын тудырады және электролиздың 1200–1400 mA тогы барысында тұнған үлдірдің тегіс дискі айқын көрінеді. Бұдан шығатын қорытынды, 1200–1400 mA төмен токтың тұнуы барысында тұнған плутонийдің шоғырлануы оңтайлы өлшеу уақыты бойында нақты анықтау үшін жеткіліксіз, ал токтың бұл мәні жоғарылаған жағдайда (2000 mA), тұнған үлдір іріқиыршықты қабатқа айналады, бұл α -бөлшектердің өздігінен сіңірілуіне жағдай жасайды. Осылайша, 1300 mA токтың орташа мәні есептік үлгілерді алу үшін 1 сағат бойында оңтайлы болып табылады.

2.4. Өз кезегінде, электролиздың тогынан есептеу жылдамдығына байланысты талдамалаудан (5-сурет), 1400 mA тең токтың тұнуы барысында есептеудің максималды жылдамдығы орын алады.

Осылайша, келтірілген деректер 2.2, 2.3, 2.4 тм. бойынша, 1300–1400 mA токтарының күші мен 1 сағатқа тең тұну уақытын пайдалану қажеттілігі таңдап алынған электролитиялық ұяшықтың сапалы есептік үлгілерді алу үшін алынған деген қорытынды жасауға мүмкіндік береді.

2.5. Электронды микрофотобақылау көрсеткендей, тұнған 1300–1400 mA электролиз тогы барысында, үлдір қабатының қимасында тегіс құрылым бар және жеткілікті түрде ұсақ қиыршықтары орын алған (6-сурет).

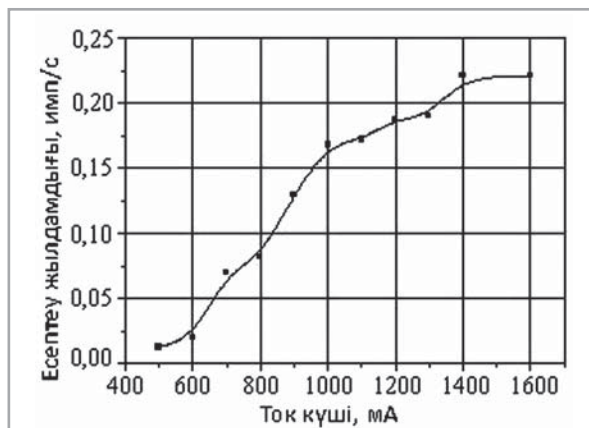
Фотосуретте 650 – мәртелі ұлғайту барысында үш аймақ айқын көрінеді:

I – аймақ, 1200 – 1400 mA электролиз тогы барысында тұнған үлдірдің беткі қабатынан тұрады. Аумағы бойымен қандай да бір бұзылымдарсыз тегіс құрылымы жақсы көрінеді.

II – аймақ, тұнған үлдірдің қатысты түрде тегіс қиыршықты құрылымдарының тік қимасы болып табылады, ол жеткілікті түрде жақсы байқалады.

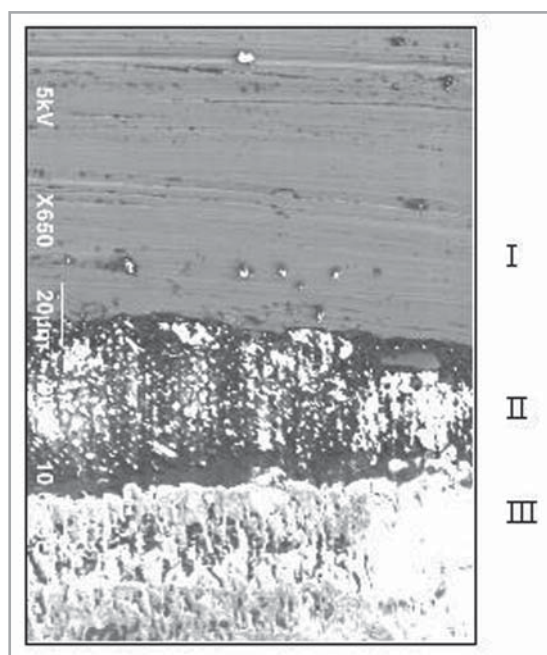
III – аймақ, төсемнің тік қимасына сәкес келеді. Бұл жерде тот баспайтын болатын құралымы жақсы көрінеді. Болат пен үлдірдің құрылымдық бірліктерінің шамалас болуы өзіне назар аудартады, бұл да тұну сапасының критерийі ретінде есепке алуы мүмкін.

Фотосуреттерде көрсетілген тұнудың сапалы көрінісі едәуір түрде кестемен мөлшерлік түрде толығады (5-сурет).



5-Сурет. Токтың күшінен жылдамдықтың байланыстылығын өлшеудің кестесі

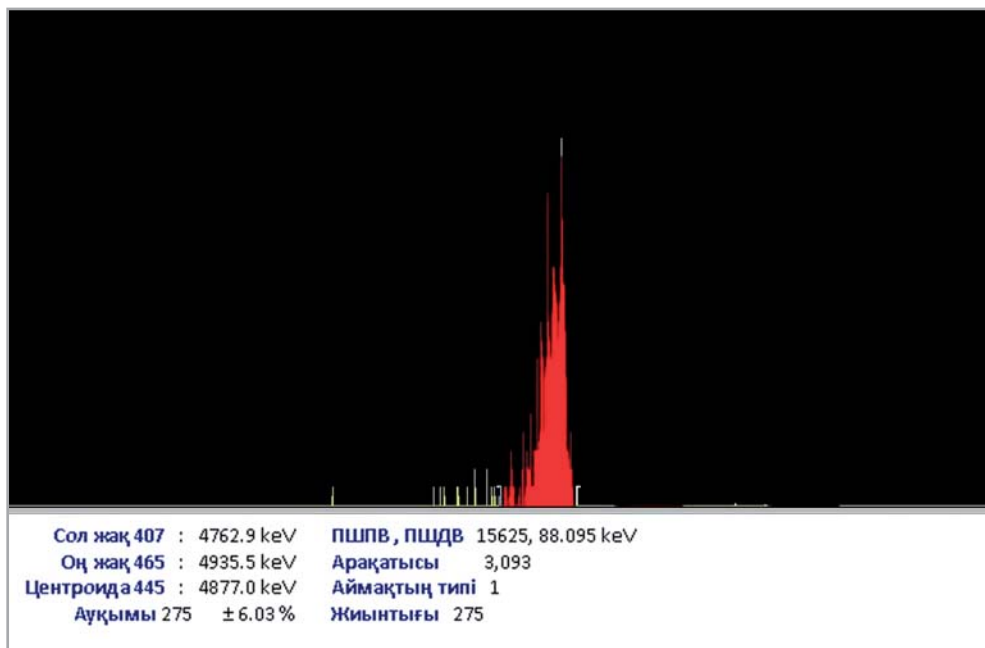
Кестелік байланыстылықтан көрініп тұрғандай, 1400 мА электролиз тогының шамасы барысында қисық сызықтық байланыстылық толығуға шығады, бұл ^{242}Pu максималды тұнуы орын алған дегенді көрсетеді. Токтың одан арғы артуы тұнатын плутонийдің мөлшерінің ұлғаюына алып келеді, алайда электролиздың уақытын қысқартуы мүмкін, және катодта токтың шнурлану әсерін тудырады және тұнатын үлдірдің сапасын төмендетеді.



6-Сурет. Құрамында ^{242}Pu бар, тұнған үлдірі бар төсемнің электронды фотосуреті, тік кима

Осылайша, осы жұмыстың келтірілген материалдарын жинақтай отыра, параметрі $S_{\text{сан}} / V_{\text{эл}} = 0,13$ электролитиялық ұяшықта 1 сағат бойы тұну барысында 1300–1400 mA электролиз тогы барысында ^{242}Pu және сәйкесінше оның изотоптарымен үлдірді алудың оңтайлырақ шарттары бар деген қорытынды жасауға болады (2-сурет).

Бұндай қорытынды, электролизердің жаңа үлгісін дайындау барысындағы көптеген калибрлік жұмыстармен нақтыланады [4]. Плутоний-242 бойынша электролизерді калибрлеу бойынша жұмыстар шеңберінде әрдайым алынатын қарапайым спектр төмендегі суретте келтірілген (7-сурет).



7-сурет. ^{242}Pu есептік үлгісінен алынған альфа – спектр

Суреттен көрініп тұрғандай, толық сіңірілу шегі ^{242}Pu (трассер) 15,6 кэВ тең келетін жартылай биіктік деңгейіндегі жартылай кеңдіктегі шекке сәйкес келеді.

ҚОРЫТЫНДЫ

1. Плутоний изотопының электрохимиялық тұнуының оңтайлы параметрлері анықталды: тогы 1200 – 1400 mA, тұну уақыты 1 сағатқа дейін оңтайлы параметрі ұяшықтың $S_{\text{сан}} / V_{\text{эл}} = 0,13$; бұл жаппай талдамалар барысында бұл тәсілді қолдануға мүмкіндік береді.
2. Жаппай талдамаға екі бөлшектен тұратын электрохимиялық ұяшықтың жеңілдетілген құрылымы құрылды және енгізілді.
3. Электронды-микроскопиялық әдісті қолдану тот баспайтын болаттан жасалған төсемге тұнған үлдірдің құрылымын анықтауға және сонымен қатар тұнбаның сапасын бақылауға мүмкіндік береді.

4. Плутоний изотопының электрохимиялық тұнуының белгіленген параметрлері электролитиялық ұяшықтың таңдап алынған геометриясы барысындағы тұну уақытының және тоғын соңына дейін төмендетуге қабілетті, электролиттің құрамын іріктеп алу үшін негіз бола алады.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. Бекман И.Н. Плутоний: оқу құралы / И.Н. Бекман. – 7-Тарау. <http://profbekman.narod.ru/Pluton.htm>.
2. Милюкова М.С. Плутонийдің аналитикалық химиясы / М.С.Милюкова, Н.И.Гусев, И.Т.Сентюрин, И.С.Скляренко. – Москва: Ғылым, 1965. – Б.131.
3. Dalton G.C. United Kingdom Atomic Energy / G.C.Dalton. – Authrity Production Goup, Rept 284(w), 1962.
4. 09.12.2011 №12-3/5565 ҚР Патенті. Плутонийдің электрохимиялық тұнуына арналған құрылғы / В.Д.Кириллов, А.А.Мельничук, О.Ю.Коровина, П.В.Говенко, А.Н.Шатров.
5. 02.07.2012 №12-3/2365 ҚР Патенті. Плутонийдің электрохимиялық тұну тәсілі / В.Д.Кириллов, А.А.Мельничук, О.Ю.Коровина, П.В.Говенко, А.Н.Шатров.
6. Изгарышев Н.А. Теориялық электрохимия курсы / Н.А.Изгарышев, С.В.Горбачев. – Москва-Ленинград: Химиялық әдебиеттің мемлекеттік ғылыми-техникалық басылымы, 1951. – Б. 35.

ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ ПОЛУЧЕНИЯ СЧЕТНЫХ ОБРАЗЦОВ ДЛЯ СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ОСАЖДЕНИЯ

Кириллов В.Д., Говенко П.В., Коровина О.Ю., Кириллова Т.Г.,
Мельничук А.А., Мухамедияров Н.Ж., Шатров А.Н.

*Институт радиационной безопасности и экологии НЯЦ РК,
Курчатов, Казахстан*

Для ^{242}Pu изучено влияние постоянной времени электролитической ячейки $T = f(S_{\text{кат}}, V_{\text{яч}})$ на длительность осаждения, плотность тока и качество осажденного слоя. Качество осажденного слоя и его плотность (мкг/см^2) контролировались методом электронной микроскопии. На основании полученного материала выбрана конструкция и геометрия электролитической ячейки. Установлена зависимость скорости счета от осаждаемого ^{242}Pu как функция времени осаждения при плотности тока $D = \text{const}$ и от величины тока электролиза при времени осаждения $t = \text{const}$. При обсуждении результатов настоящей работы сделаны выводы о том, что полученный набор данных необходим и достаточен для управления процессом электролиза с целью получения качественного счетного образца для α – спектрометрического измерения.

Ключевые слова: конструкция электролизера, геометрия электролитической ячейки, осаждение ^{242}Pu , счетный образец.

**OPTIMIZATION OF CONDITIONS FOR COUNTING SAMPLES
FOR α -SPECTROMETRIC MEASUREMENTS
BY ELECTROCHEMICAL DEPOSITION**

**V.D.Kirillov, P.V.Govenko, O. Yu.Korovina, T.G.Kirillova,
A.A.Melnychuk, N.Zh. Mukhamediyarov, A.N.Shatrov**

Institute of Radiation Safety and Ecology NNC RK, Kurchatov, Kazakhstan

The constant of the electrolytic cell time $T = f(S_{\text{кат}}, V_{\text{яч}})$ for the duration of the deposition, current density and quality of the deposited layer have been studied for ^{242}Pu . The quality of the deposited layer and its density ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) were monitored by electron microscopy. Based on the received materials a design and geometry of the electrolytic cell have been chosen. There has been established dependence of the counting rate on the deposited ^{242}Pu as a function of deposition time at a current density $D - \text{const}$, and the amount of electrolysis current at the deposition time $t - \text{const}$. The discussions of the results of this work summarized that the resulting data set is necessary and sufficient to control the process of electrolysis to produce high-quality count sample for α – spectrometric measurements.

Keywords: electrolyser design, electrolytic cell geometry, ^{242}Pu deposition, counting sample.

УДК 615.849.5:614.876:539.16

ІШКІ ДОЗИМЕТРИЯ. БИОКИНЕТИКАЛЫҚ ҮЛГІЛЕРДІ ШОЛУ

Шатров А.Н.

***ҚР ҰЯО Радиациялық қауіпсіздік және экология институты,
Курчатов, Қазақстан***

Бұл жұмыста радиациялық қорғау жөніндегі халықаралық комитеті (РҚХК) ұсынған адамның асқорыту және респираторлық жолдарының биокинетикалық үлгілеріне шолу жасалды. Ағзадан радионуклидтердің шығарылуы мен тұрақтау үдерісін зерттеуге бағытталған, жануарларға жүргізіліп жатқан тәжірибелердің нәтижелері келтірілген. Асқорыту және респираторлық жолдарының түрлі жерлерінде бөлшектердің тұрақтау, тұну және сіңірілу процесі қарастырылуда. РҚХЗ түрлі жарияланымдарының шеңберінде, алынған ағзалардың ішкі сәулелену дозасын салыстыру жұмысы жүргізілді.

Түйін сөздер: биокинетикалық үлгі, асқорыту жолы, респираторлық жол, сіңірілу, тұрақтау, шығарылуы, ішкі сәулелену дозасы, ерітілу класы.

КІРІСПЕ

Ішкі дозиметрияға қатысты бірінші жан-жақты жарияланым 1959 ж. №2 РҚХК шығарылымында бар. Жарияланым ауадағы және судағы радионуклидтер үшін рауалы шоғырлану шегіндегі, олардың радиологиялық және метаболиялық қасиеттері сол сәтте айқын болған мәндерді келтіреді. Рауалы шекті шоғырланулар, стандартты адам үшін радионуклидті үздіксіз тұтынудан кейінгі 50 жыл ішіндегі сәулелену дозасының шегіне алып келуі мүмкін шоғырланулар болып табылды. Алғашқы рет «қатерлі мүше» түсінігі енгізіледі. Қатерлі мүше бекітілген белсенділігі бар радионуклидті болжайтын (аналог – созылмалы түсу) математикалық үлгімен суреттелді, ал ағзадан радионуклидтің шығарылуы экспоненциалды заң бойынша. Радионуклидтің шығарылуы ағзаның физиологиясы – *жартылай ыдыраудың биологиялық кезеңі* мен радионуклидтің физикалық ыдырауын ескеретін константамен сипатталды. Тыныс алу жолдары арқылы түсу барысында, егер заттектің формасы ерігіш болса, биологиялық жартылай ыдырау кезеңі – 120 күн болса, және егер радионуклид формасы ерімейтін болса, қанға бірден сіңірілу болжанған еді. Ішек-қарын жолымен (ІҚЖ) түсу f_1 параметрімен сипатталады және ол ащы ішектен қанға өтетін заттектер фракциясынан тұрады. Аталған параметр радионуклидтің радионуклидтің азық-түлікпен бірге түсуі барысында пайдаланылуы мүмкін. Өкпені механикалық тазалау барысында ол пайдаланылмайды. Радионуклидтерді ІҚЖ бір бөлігінен екінші бір бөлігіне шығару экспоненциалды заңға бағынбайды. «Стандартты адам» нақты сипаттамаларға ие болады: бойы, салмағы, мүшелердің радиусы және массасы, тыныс алу жиілігі және басқ. Алғашқы рет «денеге түсетін максималды жүктеме», «мүшеге түсетін максималды жүктеме», «тиімді энергия», «қатыстық биологиялық тиімділік» шамалары енгізіледі. Алғашқы екі термин одан ары қарай қайта өзгертілді, себебі олар 50 жыл бойындағы радионуклидтің үздіксіз түсуі барысындағы денедегі немесе мүшедегі максималды мүмкін дозаның

шектеулі рауалы шоғырлану (ШРШ) мөлшерін көрсетеді, ал белгілі болғандай аталған терминология көптеген қысқа өмір сүретін радионуклидтер үшін жөнсіз.

РҚХК №2 жарияланымында берілген деректер, ұсыныстар, үлгілер және физиологиялық параметрлер 70-ші жылдары РҚХК жарияланымдарының топтамаларында өзгертілген болатын. №26 жарияланымға енетіні, ішкі сәулелену барысындағы дозаның екі шегі: бірінші шегі – 0,5 Зв күтілген эквиваленттік дозасы бақылаудағы мүшелер немесе ағзалардың төменгі деңгейдегі әсеріне арналған, екінші шегі – 0,05 Зв бақылаудағы стохастикалық әсеріне арналған тиімді эквиваленттік доза. Екінші қайталама шегі – «түсудің жылдық шегі» енгізілуде. Жылдық түсу шегі – бұл радионуклидтің жыл бойына түсуі, ол мүшедегі немесе ұлпадағы 0,5 Зв күтілген эквиваленттік дозаны шарттайды, және «*Reference Man*» арналған күтілген тиімді эквиваленттік доза 0,05 Зв болып табылады. Тиімді сәуле шығару энергиясы тиесілі тиімді энергияға ауыстырылған.

№30 жарияланымда екінші қайталай шектеулерді есептеу үшін жіті ақпарат беріледі. ІҚЖ жаңартылған үлгісі, тыныс алу жолдарының және сүйек ұлпасының дозиметриясының жаңа үлгілері, сонымен қатар көптеген радионуклидтер үшін метаболиялық деректер келтіріледі. Осы жерде тыныс алу жолдарының жаңа үлгісі келтіріледі, ол 10 құрауыштан тұрады, оған өкпенің лимфалық түйіндері енеді. Үлгі радионуклидтің бір бөліктен екінші бөлікке ауысуын, сонымен қатар қанға сіңірілуін болжайды. Радионуклидтің өкпеден ІҚЖ түсу жолдары, басқаша айтсақ егер өкпеден шыққан радионуклидтің жұтылу жағдайы суреттелген болатын. Йодты қоспағанда, радионуклидтің шығарылуы экспонентті түрде суреттеледі.

№60/61 жарияланымдарында дозиметриялық шамалар мен өлшем бірліктерінің өзгерісі жүргізілуде. Осы уақытқа дейін ұзақтығы бір жыл уақыт кезеңіндегі күтілген дозаның шегі нормаланды. РҚХК №60 жарияланымда 5 жыл кезеңіндегі 0,1 Зв күтілген тиімді дозаның шегін ұсынады. Детерминделген әсерлерді бақылау үшін ұлпалар мен мүшелердегі күтілетін эквиваленттік дозадан бас тартады, себебі стохастикалық әсерлерді бақылау автоматты түрде детерминделгендердің пайда болуын жоққа шығарады.

№66 жарияланымда тыныс алу жолдарының жаңартылған үлгісі келтіріледі. Бұл үлгі өкпені тазалау, сіңірілу және жинақталуы үшін жеке-жеке бөлінеді. Жинақталу бөлшектердің термодинамикалық және аэродинамикалық қасиеттеріне негізделген. Бөлшектердің көлемі 1 – 5 мкм шегінде өзгереді. F, M және S сіңірілу класстары анықталды, олар бұдан бұрын енгізілген D, W және Y класстарына сәйкес келеді, алайда бұдан бұрын үлгіге қарағанда жаңа класстар тек сіңірілуге жатады.

№ 67, 69, 70 және 72 жарияланымдар, жас мөлшерінің параметрлерін ескеретін метаболиялық үлгілерді суреттеулерден тұрады. Үлгілерге қаннан мүшелерге өтуі, одан ары қарай басқа мүшелерде сіңірілуі енеді.

1991 ж. РҚХК ұсыныстары бойынша, Хиросима мен Нагасакиге жасалған атом бомбалауынан кейін тірі қалғандардың арасындағы обыр ауруының статистикасын қайта қарауды негізге ала отырып, радиациялық қатерлерді қайта бағалау жүргізілді. Қатерлі обыр дертіне жалпы бағалау қызметкерлер үшін $0,04 \text{ Зв}^{-1}$ және тұрғындар үшін $0,05 \text{ Зв}^{-1}$ мәнінде қабылданды [1].

Жоғарыда көрсетілгендерден, мәліметтердің жинақталуына байланысты ішкі сәулелену дозасын бағалау тәсілі мен үлгісі көптеген өзгерістерге ұшырады. Аталған

жұмыста, асқорыту және респираторлық жолдардың үлгілерін дамыту және түрлі үлгілер шеңберінде ішкі сәулелену дозасын бағалаудың өзгеруін қарастыру ұсынылған.

1. АСҚОРЫТУ ЖОЛЫНЫҢ БИОКИНЕТИКАЛЫҚ ҮЛГІСІ

1.1. Асқорыту жолының физиологиясы

Асқорыту жолына келесі салалар енеді: ауыз қуысы, оған қоса ауыз, тіс, сілекей бездері, жұтқыншақ, өңеш, асқазан, ащы ішек, оған қоса он екі елі ішек, тоқ ішек. Ұйқы безі мен бауыр да асқорыту жолына кіреді. Асқорыту жолы келесі қызметтерді атқарады:

- қозғаушы қызметті: қоректену заттектерін сіңіру, түсетін материалды араластыру және оларды ауыз қуысынан басқа асқорыту жолы арқылы жылжыту;
- асқорыту қызметін: ауыз қуысында, асқазанда, кішкене ішекте эпителиалды қабаттың бездерінің және онымен байланысты бездердің көмегімен ферменттердің бөлінуі;
- сіңірілу қызметі: негізінен ащы ішектің көмегімен орындалады;
- бөліну қызметі: бауыр және өт шығу жолдары мен ішек-қарын жолының дисталды бөліктері;

Жалпы алғанда, асқорыту жолы бұлшық етті түтікшеден тұрады, ішкі беткі қабаты эпителиалды ұлпамен төселген. Эпителий – жасушалар қабаты, дененің беткі қабаты мен қуысының беткі қабатын, сонымен қатар ішкі мүшелердің шырышты қабаттарын жауып жатыр. Түскен тамақ ең алдымен еріксіз түрде ұсақталады, одан кейін эпителиалды жасушалар сіңіруі қабілетті молекулаларға дейін химиялық бұзылады. Сіңірілген молекулалар қан жүру жүйесіне енеді де бүкіл дене бойымен айналысқа түседі.

Радионуклидтердің асқорыту жолына түсуі азық қабылдау арқылы тура жолымен немесе жанама түрде радионуклидтің тыныс алу жолдарына түсіп, шығар жолда жұтқыншақта тұрақтап калып, одан кейін өңештен жұтылуы арқылы түсуі мүмкін.

1.2. Радионуклидтерді сіңіру

Асқорыту жолының түрлі жерлеріндегі сәулелену дозасы тек қана заттектердің ІҚЖ мүшелері арқылы өту уақытына ғана байланысты емес, сонымен қатар қанға сіңірілу дәрежесі мен басқа ұлпаларда таралуына да байланысты. Сіңірілу көбіне кіші ішекте жүреді. Кіші ішектегі сіңірілудің жоғары деңгейі, үлкен ішектің сәулелену дозасын төмендетеді. Кіші ішекте сіңірілу пассивті диффузия түрінде немесе эпителиалды қатпар арқылы белсенді түрде жүреді. Макромолекулалардан тұратын материалдар және кішкентай бөлшектер пиноцетоздың көмегімен эпителиалды жасушаларға енуі мүмкін. Пиноцетоз – сұйықтықтың жасушалы беткі қабатының ондағы заттектермен тұтасуы. Пиноцетоз жасушаға жоғарымолекулярлы қосындылардың енуінің негізгі механизмдерінің бірі болып табылады. Қолда бар деректерден, ересек сүтқоректілерден сіңірілу механизмі негізгі болып табылмайтынын көрсетеді.

Радионуклидтің сіңірілу дәрежесі химиялық элементтің өзінен және ағзасына радионуклид түсетін қосындылардың химиялық формасына байланысты болады. Осыған ұқсас түрде, секреция дәрежесі, атап айтқанда, бөліну қандағы және ұлпадағы элементтің химиялық формасына байланысты болады.

Кіші ішек негізгі сіңіруші мүше болуына қарамастан, ІҚЖ басқа да бөліктерінде радионуклидтердің сіңірілуі жайлы деректер бар, олар: ауыз қуысы, асқазан, тоқ ішек.

Асқазанды сіңірілу майеріткіш заттектер болған жағдайда орын алуы мүмкін, оған алкоголь жатады. Қолда бар деректер бойынша, асқазанда белгілі бір дәрежеде йод, мыс және сынап секілді элементтер сіңірілуі мүмкін. *Campen* және *Mitchell* егеуқұйрықтардың асқазанында ^{64}Cu қомақты күйде сіңірілуін анықтады [2]. Осыған ұқсас тәжірибелерде *Wagner* егеуқұйрықтардың асқазанында фторид түскеннен кейін 1 сағаттан соң оның 50 % сіңірілуі анықталды [2]. *Eisele* және *Mraz* егеуқұйрықтардың асқазанында ^{95}Nb түскен соң 4 сағаттан кейін 1 % көлемінде сіңірілуі анықталды, бұл он екі елі ішектің (ұлтабардың) және бұл ащы ішекте сіңірілген изотоптың үлесінен қомақты түрде жоғары екені анықталды [2]. Тоқ ішек суды және электролитті жақсы сіңіреді. Ауыз қуысында сіңірілу қосындылы сіңірілуге елеусіз үлес қосады. Егеуқұйрықтарға жасалған зерттеулерден, ұзақ уақыт бойында кідірістен соң ауыз қуысында ^{18}F және ^{125}I (еш тасымалдаусыз) сіңірілуін көрсетті. ^{125}I сіңірілуі 1 сағаттан соң – 7 %, 2 сағаттан соң – 13 %, 3,5 сағаттан соң – 24 % құрады. ^{18}F сіңірілуі 2,5 сағаттан соң – 7 % құрады [2].

Радионуклидтің сіңірілу дәрежесіне әсер ету түсу уақытында оның химиялық пішіні мен диетасы тек ішінара ғана зерттелген. Актинидтердің сіңірілуі инъектирленген радионуклидтің (белсенділігінің) мөлшеріне және ішектің қышқылдық – қалпына келтіру жағдайына байланысты екені мәлім. Бесвалентті плутоний мен нептуний қанға едәуір жоғары мөлшерде өтеді, алайда жануарларға жасалған тәжірибелерден байқағанымыз, инъектирленген радионуклидтің өте жоғары белсенділігі барысында ғана орын алуы мүмкін. Инъектирленген радионуклидтің төмен мөлшері барысында аз сіңірілуі валенттіліктің төртке дейін азаюымен түсіндіріледі, ол оңай гидролизденеді және сол себепті нашар сіңіріледі. Сонымен қатар, азық-түлікпен түсетін радионуклидтер цитраттар, фитаттар және басқа да органикалық қосындылардан тұратын кешендерді жасайды, және осы радионуклидтердің органикалық емес формаларын пайдалану барысында үлкен дәрежеде сіңірілуі мүмкін. Бұл деректен байқайтынымыз, жануарларға жасалған тәжірибелер көптеген ықтимал кешенқұраушы агенттерден тұратын, диетасы аралас адамдарға ауыстырылғанда ескерілуі тиіс. Мысалы, *Silivan* және оның әріптестері егеуқұйрықтарға жасаған тәжірибе барысында сүт пен апельсин шырынын диетаға енгізген кезде, нитрат формасындағы ^{238}Pu сіңірілу дәрежесі 20 есеге ұлғайғанын көрсетті. Маймылдарға жасалған зерттеулерден, плутонийдің және басқа актинидтердің цитаттар мен фитаттар күйінде түсуі кезінде, нитраттар түріндегі изотоптардың түсуі барысындағы сіңірілуімен салыстырғанда 5-10 есеге жоғары болды. Барлық жағдайда, сіңірілген плутонийдің максималды үлесі түскен мөлшерден шамамен 10^{-3} мәнін құрады [2].

Сіңірілу дәрежесіне сонымен қатар ашығу да әсер етеді. Тәжірибелерден байқағанымыздай, ашығу кезінде ауызсумен бірге радионуклидтердің (сонымен қатар плутонийдің) сіңірілуі өсуі мүмкін. *James* және оның әріптестері еріктілерге жасаған тәжірибелерінде, 0,65-ке тең қорғасын ацетатының сіңірілген үлесін анықтады. Ашы-

ғу уақыты 12 сағаттан тұрды. Қорғасын ацетатының сіңірілген дозасы азықты қабылдау уақытында 0,4 шамасын құрады [2].

Радионуклидтің сіңірілуі жүктілік уақытында, сүт бөлінуі және балалардың қарқынды өсуі барысында да ұлғаюы мүмкін.

1.3. Радионуклидтердің тұрақталуы

Радионуклидтің тұрақталуы, көптеген жағдайда өте аз. Алайда, кіші ішектің шырышты қабығында және тістерде радионуклидтердің тұрақталуы жайлы тәжірибелік мәліметтер бар. Радионуклидтердің тістерде тұрақталуы, және тістің беткі қабатындағы қалдықтары ретіндегі процесі ретінде, радий, стронций, кальций, қорғасын, полоний, плутоний секілді радионуклидтерге арналған тәжірибелерде зерттелді. Қалдықтардың механизмі жеткіліксіз түрде зерттелген, алайда бұны тіс эмалі элементінің сіңірілуімен байланыстырады.

Иттерге жасалған тәжірибелерден байқағанымыз, тек қана инъекция (дәрі егу) арқылы сол белсенділікті қабылдаған жануарлармен салыстырғанда, 48 кБк/күннен 1330 кБк/күнге дейін 18 ай ішінде ^{90}Sr инъекциясынан мелонома мен ауыз қуысының шырышты қабығының обырымен ауырудың жиілігі жоғары болуына алып келді. Бұл ауыз қуысының инъекциядан инъекцияға қарағанда жоғары алғандығын көрсетті. Соңғысын тістерде радионуклидтердің тұрақтауымен байланыстырады, себебі ауыз қуысы арқылы радиоактивті азықтың өту уақыты едәуір аз [2].

Bhattacharyya және әріптестеріміз тышқандарға жасалған өз тәжірибелерінде тістерде және ауыз қуысында Pu(VI) едәуір тұрақталу деңгейі барын байқатады, ал Pu(IV) тұрақталуының деңгейі өте аз. Изотоптар тышқандардың ағзасына ауызсумен бірге бикарбонаттар түрінде түсті. Түскенге дейін 6 күн бұрын тістерге жасалған талдамалардан, инъектирленген белсенділігі Pu(VI) үшін 0,5 % және Pu(IV) үшін 0,02 % құрайтын белсенділікті көрсетті. Өлшеулерден байқағанымыз, белсенділік тек қана тістердің беткі қабатында ғана жинақталған және түбінде жоқ. Плутонийдің тісте жинақталуынан басқа, ауыз қуысының ұлпаларында болмашы түрде тұрақталғаны анықталды, ол Pu(VI) – 0,03 % және Pu(IV) – 0,01 % мәнін құрады [2].

Renaud-Salis өздерінің егеуқұйрықтарға жасаған тәжірибелерінде ауызсумен 85 күннен аса уақыт бойында созылмалы түрде түсу барысындағы плутонийдің бикарбонаттарының сіңірілуі мен таралуын зерттеді. Одан кейінгі жасалған талдамалардан, тістердегі Pu(IV) және Pu(VI) тұрақталу мөлшері жануарлардың бүкіл дене бойында анықталған белсенділігінің 97 % құрады. Pu(IV) белсенділігінің түсуі тоқтатылғаннан соң тістердегі белсенділік, белсенділік түскен уақыттағыдай деңгейде қалды, Pu(VI) белсенділігі түскен уақыттағы белсенділіктің қатыстылығымен бір есеге төмендеді [2].

Тістердегі плутонийдің тұрақталу шамасы мен айырмашылығы *Bhattacharyya* (1985) және *Renaud-Salis* (1990) тәжірибелерінде пайдаланылатын инъектирленген плутонийдің белсенділігінің айырмашылығымен байланысты болуы мүмкін. *Renaud-Salis* жұмыстарындағы плутонийдің белсенділігі *Bhattacharyya* пайдаланылатын белсенділігінен 50 – 1500 есеге жоғары болды [2].

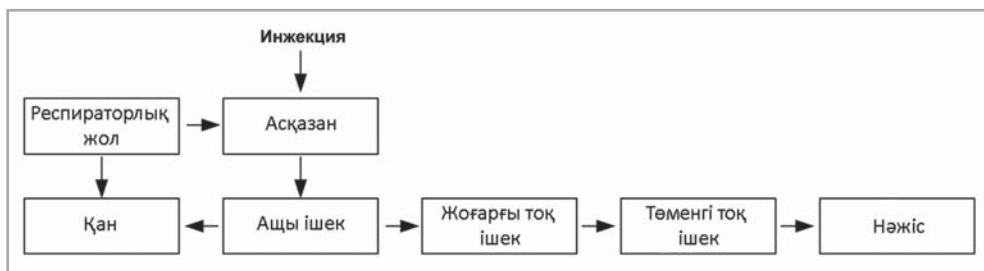
Тістерде радионуклидтердің тұрақтауы жайлы айтқанда атқарылған жұмыстарды айта кеткен жөн [3]. Аталған жұмыста уранөндіруші саланың жұмыскерлерінің инкорпорирленген тістерден ^{238}U , ^{232}Th және ^{40}K сәулелену дозасын есептеу жұмысы келтірілген.

Жалпы алғанда, жаңа туған сүтқоректілерден басқасында, ащы ішектің қабырғаларында радионуклидтердің тұрақталуының дәлелі жоқ. Осылайша, мысалы, *Harrison* мен *Fritsch* байқағанымыз, ^{238}Pu (нитрат ретінде түсетін) тұрақталуы егеуқұйрық пен теңіз шошқасының ащы ішектерінің қабырғасында жаңа туған және ересек жануарлар үшін 40% және 0,03% құрады. *Lataillade* плутонийдің (цитрат ретінде түсетін) тұрақталуы бабуиндардың ащы ішектерінің қабырғаларында тұрақталуын анықтады. Туылғанына 50 күн болған жаунарлар үшін түскен радионуклидтің үлесі 1,5% құрады, ол одан кейін туылғанына 66 және 123 күн болған жануарлар үшін 0,1% және 0,02% дейін төмендеді [2].

1.4. Асқорыту жолының үлгісі

1.4.1. РҚХК №30 асқорыту жолының үлгісі

Асқорыту жолының бірінші үлгісі РҚХК №30 жарияланымда ұсынылды және кәсіби жағдайда ішкі сәулелену дозасын есептеу үшін жасалды. Асқорыту жолының бірінші үлгісінің құрылымы төмендегі суретте келтірілген (1-сурет).



1-Сурет. Ас қорыту мүшесінің үлгісі. РҚХК №30

Асқорыту жолы төрт бөліктен тұрды: асқазан, ащы ішек, жоғарғы тоқ ішек, төменгі тоқ ішек. Жасушалар ІҚЖ қабырғаларының бойымен катерге көбірек түседі. Одан басқа, ІҚЖ шырышты қабығы едәуір күйде альфа-сәулеленуді әлсіздендіреді, және альфа-бөлшектердің таратылған бір пайызы ғана қабырғалардың шырышты қабатынан өтіп кетеді [4]. Радионуклидтер асқорыту жолы бойымен тегіс таралған деп болжанған; ІҚЖ сәулеленуінің орташа дозасы ІҚЖ қабырғасының сәулелену дозасына тепе-тең. Себебі, бөлшектердің шығарылған сәулеленуі изотропты, тек қана бөлшектердің жартысы ғана ІҚЖ қабырғаларын сәулелендіреді. Материалдың сіңірілуі ащы ішекте жүреді. Асқорыту жолының кейбір бөліктері арқылы заттектердің өту уақыты келесідей жасалады, олар: асқазанда – 1 сағат, ащы ішекте – 4 сағат, жоғарғы тоқ ішекте – 13 сағат және төменгі тоқ ішекте – 24 сағат. Нақты, бақылау нәтижелері бойынша, көрсетілген мүшелердегі заттектің тұрақталу уақыты, келесі аралықта орын алған: 25 – 120 минут, 1 – 7 сағат, 6 – 22 сағат, 15 – 72 сағат.

ІҚЖ қабырғаларында орташа сіңірілген доза, енуші сәулелер үшін шырышты қабықшада сіңірілген дозаның өлшемі ретінде пайдаланылады. Енбейтін сәуле шығарудан бөлінген доза, келесі шамаға тепе-тең

$$\frac{v}{M},$$

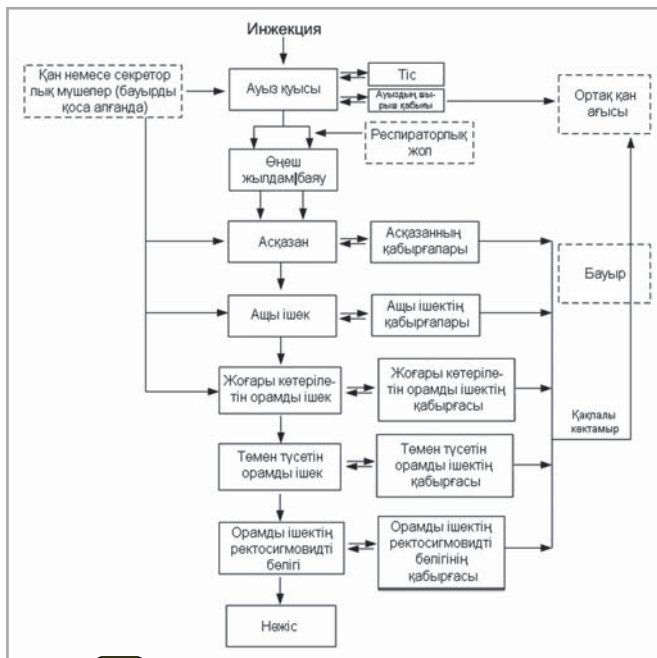
бұл жерде: M – ұлпаның массасы аталған бөліктегі асқорыту жолында,
 ν – сезімтал жасушалар жете алатын энергияның үлесінен тұратын 0-ден 1 дейін шекте өзгеретін фактор. Электрондар үшін ν факторы 1-ге тең болады, ал альфа-сәуле шығару – 0,01 тең болады.

Қанға радионуклидтердің сіңірілуі ащы ішекте жүреді және f_1 параметрімен сипатталады, ол қанға өтетін радионуклидтердің үлесі болып табылады. Кейбір радионуклидтер үшін f_1 шамасы радионуклид орын алған түрлі химиялық формада беріледі. Қызметкерлер үшін f_1 шамасы бастапқы уақытта РҚХК №30 жұмысында берілген. Тұрғындар үшін f_1 шамасы РҚХК №56, 67, 69 және 71 жарияланымындағы ұсыныстарда, стандартты жас топтары үшін: 3 айлық сәбилер, балалар (1, 5, 10 және 15 жас) мен үлкендерге беріледі.

1.4.2. РҚХК № 100 асқорыту жолының үлгісі

Ішек-қарын жолының келесі үлгісі РҚХК №100 жарияланымында ұсынылған болатын, оның құрылымы төмендегі суретте келтірілген (2-сурет).

Пунктирлік контурға алынған құрылым блоктары асқорыту жолына енбейді, алайда олармен физиологиялық байланысқан. Алдыңғы үлгідегі сияқты, асқорыту жолы респираторлық жолымен байланысты. Өңеш бойымен тамақтың жылжуы жылдам болуы мүмкін – орташа уақыт 7 сек (жұтылатын тамақтың 90%) және баяу – орташа уақыты 40 сек. Респираторлық жолдан ауыз қуысына түсетін материал үшін баяу жұтылу болжанады.



2-сурет. Ас қорыту мүшесінің үлгісі. РҚХК №100

Үлгі келесілерді ескереді:

- радионуклидтердің адамның ағзасына түсуі ауыз қуысында инъекциялануы арқылы іске асады, және (немесе) өңеш арқылы өкпенің механикалық таза-лануы арқылы;
- асқорыту жолының барлық жолдары қозғалысқа қосылады. Дозалар ауыз қуысы, өңеш, асқазан, ащы ішек, жоғары көтерілетін орамды ішек, төмен түсетін орамды ішек, орамды ішектің ректосигмовидті бөлігі үшін ескеріледі. Ішектің сәулелену дозасы жоғары көтерілетін орамды ішек, төмен түсетін орамды ішек, орамды ішектің ректосигмовидті бөлігінің орташа алынған сәулелену дозалары бойынша есептеледі;
- радионуклидтердің тістердің арасында тұрақталуы, сонымен қатар олардың ауыз қуысына қайта оралуы; шырышты қабатта, асқазан және ащы ішектің қабырғаларында радионуклидтердің тұрақталуы;
- ауыз қуысында, өңеш және асқазанда тамақтың және сұйықтықтың өту уақыты;
- ІҚЖ (ащы ішектен басқа) басқа жерлерінде сіңірілуі, оларға қатысты қолда бар ақпараттар;

Ауыз қуысы мен өңеш, негізі сәулеленудің төменгі дозаларын алады, себебі ІҚЖ бұл жолдар арқылы сұйықтықтар мен тамақтардың өту уақыты өте аз. Алайда, сәулелену дозасы тістердегі радионуклидтердің тұрақталуы әсерінен едәуір ұлғаюы мүмкін.

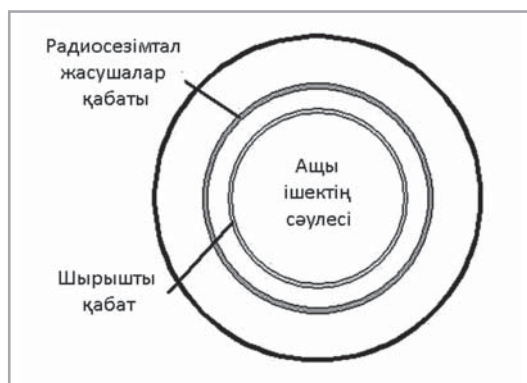
Обыр ауруының пайда болу қаупі тұрғысынан қарағанда асқазан мен тоқ ішек үлкен маңызға ие. Ащы ішек асқазанға қарағанда үлкен дозалар алуы мүмкін, бірақ радиосезімталдылығы төмен.

Жаңа үлгідегі қол жеткізген мәселе енгіш сәуле шығарудың дозаларын есептеу әдіснамасы болып табылады. Ішектің сәулелену дозасы, РҚХК №100 жарияланымының үлгісі бойынша есептелген, ол РҚХК отызыншы жарияланымының үлгісі бойынша есептелген дозаға қарағанда едәуір төмен болып табылады. Бұл ең алдымен, РҚХК отызыншы жарияланымындағы үлгі бойынша дозаларды есептеу болжамға жасалып негізделген және қабырғалардан сәуле шығарудың энергетикалық жоғалтуларын бағалаумен байланысты емес. Жаңа үлгіде ІҚЖ ұлпалар мен шырышты қабатта ішек бойымен альфа-бөлшектер мен электрондардың энергетикалық жоғалтуларын есептеу жүргізілуде.

Ащы ішектің геометриялық үлгісінің құрылымына мысалды қарастырайық [5]. Ащы ішек тік цилиндр түрінде келтірілген. Цилиндр сумен толтырылады, радионуклидтер цилиндрдің көлемі бойынша тепе-тең таралған. Қабырғаларының тығыздығы 1 г/см^3 тең күйінде қабылданады, ұлпаларының құрамы Радиациялық Бірліктер бойынша Халықаралық Комиссиямен анықталады (1989ж). Ащы ішектің физиологиялық ұзындығы РҚХК №89 жарияланымында келтірілген. Ащы ішектің диаметрі жасына байланысты болады және ішектің ұзындығы бойымен өзгереді. Есептеулерде жаңа туған сәбилер үшін, 1, 5, 10, 15 жастағы балалар мен ересектер үшін сәйкесінше 1, 1.2, 1.4, 1.6, және 2 см-ге тең ащы ішектің орташа мәні қабылданады.

Ең радиосезімтал жасушалар – тіндік, эпителиалды қатпардың жаңаруына жауаптылар. Жасушалардың аталған түрі ішектің қабырғасындағы микроскопиялық қуыстарда – крипта орналасады. Орналасу тереңдігі 130-150 мкм болып қабылданады. Жасушалардың аталған түрі сәулеленудің негізгі нысанасы ретінде қарастырылады.

Төмендегі суретте (3-сурет) иондаушы сәуле шығарулардың энергия бөлінісін есептеу үшін ащы ішектің геометриялық үлгісі ретінде қарастырылған.



3-сурет. Ащы ішектің геометриялық үлгісі.

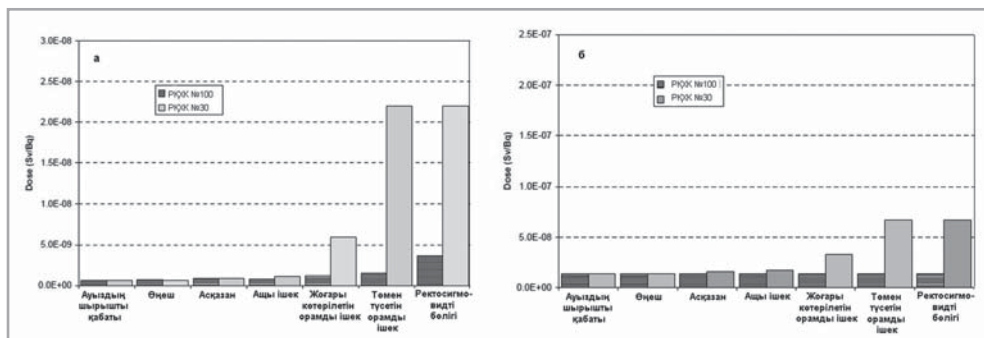
Сінбейтін альфа – бөлшек сонымен қатар қалыңдығы 40-50 мкм ұлпаларды еңсеріп шығады, сол себепті альфа-сәуле шығарушы изотоптардан сезімтал жасушалардың сәулелену дозасын, сақталуды есепке алмастан және сіңірілу нөлге тең болады. Бұл тек қана ащы ішекке ғана емес, жалпы барлық ішекке байанысты. Бұл жаңа үлгінің ІҚЖ айырмашылығы РҚХК отызыншы жарияланымындағы үлгіден ерекшеленеді. Альфа-шығарушы изотоптардың инъекциясынан алынған дозалар қанға сіңірілуімен және радионуклидтерді басқа ұлпаларға тасымалдай отырып оларды артынан сәулелендірумен шартталады.

Жоғарыда айтылғандардан басқа, РҚХК №30 және №100 жарияланымдарында айтылғандай асқорыту жолының үлгілері арасындағы айырмашылық келесідей байқалған:

- бірінші үлгіде асқорыту жолына түсу, асқазаннан басталады. Соңғы үлгіде түсу ауыз қуысы мен өңештен бастап қарастырылады;
- екінші үлгіде тоқ ішек екінші бөліктен, соңғысында үш үлгіден тұрады;
- бірінші үлгі тек ащы ішекте сіңірілуі ескереді, соңғысы барлық бөліктегі ІҚЖ, ол жерде ақпараттың сіңірілуі жайлы ақпарат бар.

Аталған айырмашылықтар негізгі болып табылады, одан басқа басқа да айырмашылықтар орын алған.

РҚХК №30 және №100 жарияланымдарындағы үлгілердің шеңберінде алынған ішкі сәулелену дозасының айырмашылығын ересек ер адамға арналған ^{90}Sr және ^{239}Pu бірқабат түсу үлгісіндегі қарастырамыз. Төмендегі суретте (4-сурет) ^{90}Sr мен ^{239}Pu үшін инъекциялық түсу барысындағы дозалық коэффициенттер келтірілген.



4-сурет. ^{90}Sr (a) және ^{239}Pu (б) арналған дозалық коэффициенттер үлгілер шегінде алынған РҚХК № 30 және №100. Түсу жолы – инъекция.

РҚХК №3 үлгісінің шеңберінде ауыз шырышты қабығының және өңештің қабырғасындағы сәулелену дозасын есептеу қарастырылған. Салыстыру мүмкіндігі үшін ІҚЖ аталған бөліктеріндегі сәулелену дозасы осы үлгілер шеңберінде алынған бұлшық ет ұлпаларының сәулелену дозасына теңестіріледі.

Суреттен көрініп тұрғандай ауыз қуысының шырышты қабығы мен өңештің сәулелену дозалары екі үлгі шеңберінде де тең. Бұл ІҚЖ соңғы үлгісі аталған бөліктер арқылы азық-түліктің өтудегі аз уақытты болжайды. Сәулелену дозасы қанға белсенділіктің сіңірілуімен және оның ұлпаларда, сонымен қатар жоғарыда аталған бөліктерде таралуымен шартталады. Асқазан мен ащы ішектің қабырғаларының сәулелену дозасы екі үлгілер шеңберінде де тепе-тең. Дозалардың мәнінің кенеттен ерекшеленуі ішектің аумағында байқалады. ^{239}Pu жағдайында ішкі сәулелену дозасының мәніндегі айырмашылық төмен түсетін орамды ішектің және орамды ішектің ректосигмовидті бөлігінде бірқатар жоғары. Керісінше, ^{90}Sr жағдайында екі үлгілер шеңберіндегі дозалардың айырмашылығы ІҚЖ бөлігінде бірқатар жоғары. Айта кету керек, ^{239}Pu сәулеленген дозасы ІҚЖ бойында тұрақты болып қалды.

Өткізілген талдамалар негізінде келесі қорытындылар жасауға болады:

- Асқорыту жолының ішкі сәулелену дозасына көптеген факторлар әсер етеді, оларды жеке алынған индивидуум үшін ескеру мүмкін емес, сол себепті асқорыту жолының үлгілері ортақ болып табылады;
- РҚХК отызыншы жарияланымының үлгісі РҚХК №100 үлгісінің шеңберінде алынған мәндерге қатысты сәулелену дозасының жоғарылауына бейім. Айырмашылықтар едәуір көлемде, бірнеше есеге дейін (^{90}Sr) жетуі мүмкін. Аталған деректі түрлі үлгілерден алынған нәтижелерді салыстыру барысында ескеру қажет;
- Обырлық қатер тұрғысынан жоғары қауіп ішекте туындайды;

2. РЕСПИРАТОРЛЫҚ ЖОЛДЫҢ БИОКИНЕТИКАЛЫҚ ҮЛГІСІ

2.1. Респираторлық жолдың физиологиясы

Адамның тыныс алу жүйесі – адамның ағзасында сыртқы тыныс алуды, немесе қан мен газдар және сыртқы орта мен бірқатар қызметтердің арасындағы алмасуларды қамтамасыз ететін мүшелердің жиынтығы.

Тыныс алу жүйесінің басты мүшесі өкпе болып табылады. Өкпе кеуде қуысында орналасқан және оны сүйектер мен кеуде жасушаларының бұлшықеттері қоршап жатыр. Өкпе ағзаға оттегінің түсуін және одан көміртекті газдың – өмір сүруге қажетті газтәрізді өнімнің алынуын қамтамасыз етеді. Атмосфералық ауа өкпеге түседі де, тыныс алу жолдары деп аталатын түтікшелер жүйесі арқылы шығарылады. Төменгі және жоғарғы тыныс алу жолдары болып бөлінеді. Жоғарғы тыныс алу жолдарының төменгіге түсуі тамақ қорыту және тыныс алу жүйесінің түйіскен жерінде өңештің жоғарғы бөлігінде іске асады.

Тыныс алу жолдарының жоғарғы жүйесі мұрын, ауыз, мұрын жұтқыншақтарынан тұрады, сонымен қатар жартылай ауыз қуысынан тұрады, себебі ол тыныс алуға пайдаланылуы мүмкін. Тыныс алу жолдарының төменгі жүйесі көмей, кеңірдек, ауатамыр, бронхиол, альвеолдан тұрады[6].

Кеңірдек, немесе тыныс алу алқымы (гр. trachys – кедір-бұдыр), көмейдің тікелей жалғасы болып табылады және төменгі тыныс алу жолдарының бастапқы бөлігі болып табылады. Кеңірдектің ұзындығы 11-13 см. Ауатамыр (гр. bronchos – тыныс алу алқымы, кеңірдек) – кеңірдектің түтікшелі ауатасығыш тармақтары. Сүтқоректілерде әрбір басты ауатамырдан екінші ауатамырлар бөлінеді, олар одан да ұсақ тармақтарға бөлінеді, және ауатамырдың ағашы секілді көрініс жасайды. Бронхиолдар – бронхиалды ағаштың соңғы бұтақтары, және олар өкпенің альвеоларды бөлігіне өтеді. Бронхиолдардың диаметрі 1 мм аспайды. Бронхиолдар ауа ағымын таратады және оның қарсылығын бақылайды. Тыныс алу бронхиолдарының қабырғаларында бухтатәрізді дөңестер – альвеолдар бар. Альвеоларлық жолдардың диаметрі шамамен 100 мкм. Альвеолдар дұрыс емес пішіндегі көпіршіктерге ұқсайды, олар қалыңдығы 2-8 мкм альвеоларалық аралықтармен бөлінеді. Әрбір аралықта, көбіне екі (кейде одан да көп) альвеолдардың қабырғасы болып табылатын аралықтарда қан жүретін капиллярлардың қалың желісі орналасқан.

2.2. Бөлшектердің тұнуы

Жұтылатын бөлшектер индивидуумның физиологиялық ерекшеліктері мен физикалық қасиеттерінің бөлшектеріне байланысты респираторлық жолда тұнады. Аэродинамикалық көлемі, бөлшектің беткі жағының аумағы, оның пішіні, заряды, ерігіштігі тұнуға әсер ететін маңызды физикалық ерекшеліктері болып табылады.

Респираторлық жолдың үш аумағында бастапқы тұнуы олардың көлемі бойынша жұтылатын бөлшектердің таралуына байланысты. Бұл таралу АДМБ шамасымен сипатталады. АДМБ –аэродинамикалық диаметрдің шамасы, оның барысында ауадағы аэрозолдың 50% белсенділігі АДМБ жоғары көлемдегі бөлшектермен байланыстырылады. Аэрозолдың тұнуына қатысты жағдайдағы шамалар негізінен беткі қабаттан

аэрозолдардың ажырауы мен олардың түсуіне байланысты болады, бұл көбіне АДМБ 0,5 мкм асқан жағдайда орын алады.

РҚХК №30 жарияланған респираторлық жолдың үлгісі бойынша жұтылатын бөлшектердің көлемі қалыпты логарифмдік заңдылық бойынша таралған.

2.3. Өкпені тазарту

Респираторлық жол тыныстау қызметінен басқа өкпеге түсетін ауаны тазалауға бағытталған қорғаныш қызметтерін де атқарады. Тазалаудың механикалық тәсілдерін қарастырамыз.

Өкпеге қоршаған ортадан, органикалық және органикалық емес түрлі қоспалардан тұратын жануар және өсімдік өнімдерінен жасалған, газтәрізді заттектер мен аэрозолдардан тұратын ауа түседі. Ауаөткізгіш жолдар бойымен өте келе ауа бөгде қоспалардан азат болып, шаң бөлшектері мен микроағзалардан тазартылған респираторлық бөлікке түседі, ол альвеолярлық кеңістіктің тазалығын қолдайды. Мұрын қуысының шырышты қабығы 100—500 мл секрет жасап шығарады. Шырышты қабатты жауып тұратын бұл секрет, тыныс алу жолдарынан бөгде заттарды шығаруға қатысады және тыныс алатын ауаның ылғалдануына ықпал етеді. Мұрынмен тыныс алу барысында шаңның ірі бөлшектері (көлемі 30 мкм дейін) мұрын қуысындағы қылды сүзгілерде тұрып қалады, ал көлемі 10-30 мкм бөлшектер мұрын қуысының шырышты қабатында ауа ағымының турбулентті қозғалысына қарай тұрақтап қалады. Одан кейін шаңның бөлшектері мен микроағзалар шырышпен бірге мұрын қуысының алдыңғы бөлігінен, жыбырлағыш жасушалық тін түктерінің тәртіпке келтірілген қозғалысы есебінен, 1-2 мм жылдамдықпен одан шығар жолға жылыстайды. Мұрынның артқы бөлігіндегі шырыш ол жерде тұрақтап қалған бөлшектерімен 10 мм жылдамдықпен жұтылған ауаның қозғалысы бойымен жұтқыншаққа қарай жылжиды, одан нәтижесінде рефлекторлық пайда болған жұту қозғалыстарының нәтижесінде ас қорыту жолына түседі.

Жыбырлағыш эпителий – цилиндрлік жасушалар қабаты, б.а. қуысына немесе арнаға бұрылған оның ішкі жиектері, қозғалмалы қылдармен және түкшелермен қамтамасыз етілген.

Жыбырлағыш эпителий ішкі жағынан тыныс алу жолдары (ауатамыр, тыныс алу тамағы, көмей, дауыс желбезегінен басқа) жұтқыншақтың үстіңгі бөлігін, мұрын қуысының төменгі бөлігін жауып тұрады.

Жыбырлағыш эпителийдің әрбір жасушасы шамамен ұзындығы 6 мкм және диаметрі 0,2 мкм болатын 200 кірпікшеден тұрады, олар жиілігі минутына 800-1000 үйлестірілген тербелмелі қозғалыс жасайды.

Диаметрі 3-10 мкм шаң бөлшектері және микроағзалардың бір бөлігі кеңірдекпен ауатамырдың шырышты қабатында тұрақтап қалады. Шырышты бөлікке жабысқан бөлшектерімен бірге кірпікшелердің қозғалысының арқасында жұтылатын ауаның қозғалысына кері бағытта жұтқыншаққа қарсы жылжиды.

Бөгде бөлшектерді механикалық алып тастау қорғаныш тыныс алу рефлекстерімен: түшкіру және жөтелу арқылы іске асырылады [7].

Өкпені тазалаудың механикалық тәсілінен басқа механикалық емес тәсілі де бар, оған екі процесс енеді: ыдырау және сіңірілу. Радиоактивті бөлшектер өкпеге қандай да бір қосылыстар түрінде түседі. Өзара әрекеттер нәтижесінде секреттерге сәйкес

келетін күрделі қосылыстар қарапайымға дейін ыдырайды және қанға сіңірілуі үшін қол жетімді болады. Аталған процесс өкпені тазалаудың механикалық тәсіліне бәсеке-лес тәсіл ретінде танылады.

2.4. Респираторлық жолдың үлгілері

2.1.1. РҚХК №2 респираторлық жолдың үлгісі

Респираторлық жолдың бірінші үлгісі РҚХК екінші жарияланымында ұсынылған болатын [8]. Үлгі өкпедегі заттектерді тоқтату және жылыстатудың математикалық сипаттамасы үшін пайдаланылды. Жұтылатын белсенділіктің 25 % шығарылады, және 25 % төменгі респираторлық жолда тұнып қалады деп болжанған болатын. Қалған 50 % жоғарғы респираторлық жолда өкпелерді тазалау механизмі арқылы өңешке түседі де ІҚЖ кетеді.

Ингаляцияланатын материал келесідей екі классқа бөлінеді: еритін және ерімейтін.

Еритін материал төменгі респираторлық жолда тұнады (0,25) және тікелей қанға өтеді. Егер ашы ішектің сіңірілуінің коэффициенті f_1 болса, онда өкпеден қанға өтетін белсенділіктің үлесі келесіге тең:

$$f = (0.25 + 0.5 \cdot f_1),$$

коэффициент 0,5 өкпеден ІҚЖ өткен белсенділіктің жартысына сәйкес келеді (жоғарыда келтірілген).

Ингаляцияланатын белсенділіктің үлесі қатерлі мүшеге өткенде келесі тең:

$$f_a = (0.25 + 0.5 \cdot f_1) \cdot f_2$$

бұл жерде f_2 қаннан қатерлі мүшеге өткен белсенділіктің үлесі.

Ерімейтін материалдың қанға өтуі өте аз болып есептеледі, және өкпенің тура сәулеленуі ғана қарастырылады. Ерімейтін материалдың респираторлық жолда тұнып қалған жартысы алғашқы 24 сағат ішінде ІҚЖ өтеді. Екінші жартысы экспоненциалды заңдылық бойынша барлық ерімейтін қосылғыштар үшін плутоний мен торийден басқа (олар үшін тұрақты уақыт 1 мен 4 жылға тең болып қабылданады) тұрақты уақыты 120 күнге азаяды.

2.1.2. РҚХК №30 респираторлық жолдың үлгісі

РҚХК 30-шы жарияланымындағы респираторлық жолдың үлгісі екі функционалдық бөлікке бөлінген[9]:

1. ингаляция және респираторлық жолдың үш бөлігінде материалдың тұнуы;
2. респираторлық жолдың ішіндегі әрбір бөлікте материалдың жылыстауы және тоқтауы;
3. Үлгі барлық тыныс алу жүйесін үш аумаққа бөледі:
4. мұрын жұтқыншағының аумағы ($N - P$);
5. кеңірдек пен ауатамыр ($T - B$);
6. өкпе паренхимасы (P);

АДМБ шамасы 1мкм тең болып қабылданған жағдайда, өкпенің түбіне P - аумағына енетін бөлшектердің үлесі ұлғаяды. Бронхиолдар мен альвеолдарда тұнып

қалған бөлшектердің ерімейтін формасы өте баяу шығарылатын болады, салдарынан альфа-сәуле шығарудан ішкі сәулелену дозасы ұлғаятын болады. АДМБ 5мкм тең болған жағдайда, Т-В аумағында тұнатын бөлшектердің үлесі ұлғаяды және Р-аумағында керісінше төмендейді. Тазалау механизмдері арқылы Т-В аумағынан шыққан бөлшектер өңешке өтеді де, жұтылып ІҚЖ-ға түседі.

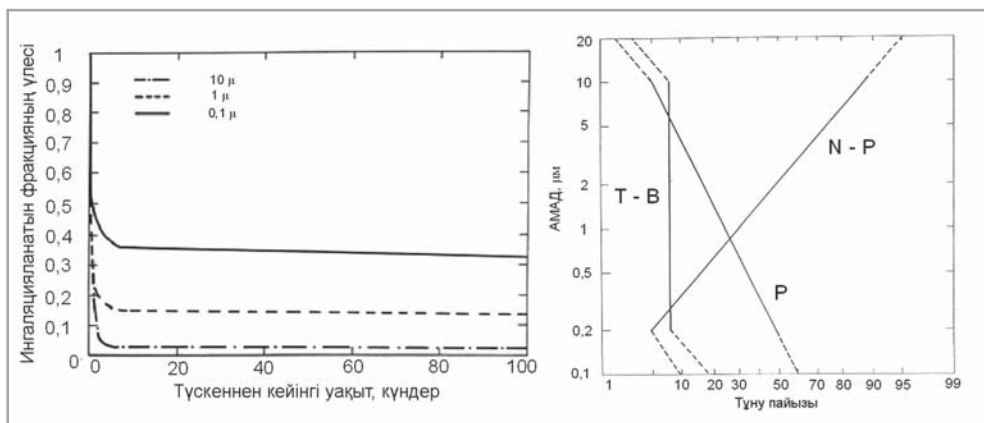
Ауыз арқылы тыныс алу барысында ($1,8 \text{ м}^3/\text{сағ}$) шамамен 20% бөлшектер АЕД (АЕД – аэродинамикалық эквивалентті диаметр, бірлік тығыздық сферасының диаметрі, ол шынайы бөлшек секілді тұнудың жылдамдығына ие) 5 мкм тең және 70% бөлшек АЕД 10 мкм көмейде тұнады (N-P аумағы). Мұрын арқылы сол жылдамдықпен тыныс алғанда 70% бөлшек АЕД 5 мкм, және 100% бөлшек АЕД тең 10 мкм мұрында тұрақтайды (N-P аумағы).

Мұрын арқылы тыныстау барысында, альвеолда (Р- аумағы) тұну дәрежесі жоғары бөлшектер АЕД шамамен 3 мкм тең мәнге ие. Аталған аумақта тұнатын бөлшектердің үлесі 50% жетеді. Мұрынмен тыныс алу барысында максимум тұну АЕД орын алған бөлшектер үшін шамамен 2,5 мкм (25%) байқалады. Р- аумағында тұну дәрежесі бөлшектің көлеміне ғана емес, сонымен қатар тыныс алу жылдамдығы мен тыныс алу көлеміне де байланысты.

Мұрынмен тыныстаудың және ауыз арқылы тыныстаудан айырмашылығын уранның бөлшектерінен қарастырамыз. Мұрынмен тыныс алу жылдамдығы минутына 15 рет ауаны ішке тарту болса, онда тыныс алу көлемі 1,45 л күтілген өкпенің түбінде 35%, 25%, 10% және 0% бөлшектің тұнуында АЕД 0,2 мкм 1 мкм, 5 мкм және 10 мкм құрауы мүмкін.

Ауызбен тыныс алу барысында, сол бір жылдамдықтағы тұну пайызы сол бөлшектер үшін 35%, 30%, 55% және 10% дейін ұлғаяды.

Төмендегі суретте (5-сурет, сол жақта) респираторлық жолға түскеннен кейінгі уақыты мен бөлшектердің көлеміне байланысты тұрақталып қалатын уранның бөлшектерінің үлесі келтірілді.



5-сурет. Уранның тұрақтап қалатын бөлшектерінің үлесі мен түскеннен кейінгі уақыттың функциясы ретінде – сол жақта. Уранның тұрақтап қалатын бөлшектердің үлесі тыныс алу жүйесінің түрлі бөліктерінде бөлшектердің көлемі функция ретінде – оң жақта.

Жоғарыдағы суреттен көрініп тұрғандай, тұрақтап қалатын бөлшектердің бір-шама үлесі бөлшектер үшін АДМБ тең 0,1 мкм екені байқалады. Түскеннен кейін 10 күннің ішінде бөлшектердің қарқынды шығарылуы байқалады, шығарылу жылдамдығы аэродинамикалық көлемге де байланысты. Оның бәрі ұсақдисперсті бөлшектердің өкпенің үлгісіне ену қабілетімен түсіндіріледі, респираторлық жолдың жоғарғы бөлігінде тұрақтап қалған ірі бөлшектермен салыстырғанда ол жерден тиімділігі төмен күйде шығарылады.

Жоғарыда суретте (5-суретте, оң жақта) тұнатын бөлшектердің үлесі респираторлық жүйенің әбір бөлігінде АДМБ шамасына байланысты келтірілген.

Тұтас сызықтар тәуелділік бойында ұсынылған болып табылады. АДМБ шамасы ұлғайған сайын Р – аумағында тұнатын бөлшектердің үлесі төмендейді және мұрын жұтқыншағы (N-P) аумағында ұлғаяды. Т – В аумағы үшін тұнатын бөлшектердің пайызы тұрақты немесе тұрақтылығы аздау АДМБ мәндер аралығында 0,2 бастап 10 мкм дейінгі мәнде қалады.

Осылайша, АДМБ шамасы төмендеген сайын аэрозолдардың қауіптілігі жоғарылай түседі.

Бөліну жылдамдығы бойынша РҚХК бөлшектерді 3 класқа бөледі, олардың бөліну кривесі Р – аумағынан жартылай шығарудың биологиялық кезеңі.

D – класс (days) – жартылай шығару кезеңі 10 күннен кем емес;

W – класс (Week) – жартылай шығару кезеңі 10-нан 100 күнге дейін;

Y – класс (Years) – жартылай шығару кезеңі 100 күннен аса;

Ұзақөмір сүруші радионуклидтер үшін өкпеден қанға өткен белсенділік үлесін анықтауға болады (ІҚЖ-ғы өкпенің тазалануын есепке ала отыра). РҚХК екінші жарияланымын салыстыру үшін аталған мәндер төмендегі кестеде келтірілген (1-кесте).

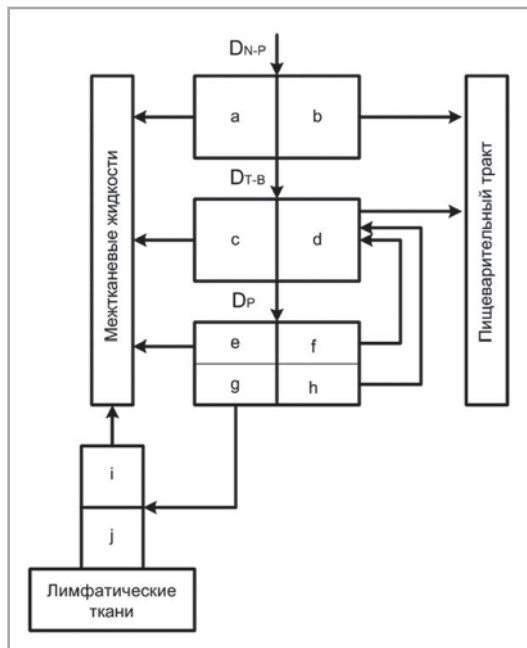
1-кесте

РҚХК № 2 және 30 үлгілер шеңберіндегі түрлі кластарға арналған өкпеден қанға өтетін ұзақөмір сүруші радионуклидтердің белсенділігінің фракциясы

РҚХК №2 жарияланымы		РҚХК №30 жарияланымы	
Класс	Фракция	Класс	Фракция
Еритін	$0,25 + 0,5 \cdot f_1$	D	$0,48 + 0,15 \cdot f_1$
Ерімейтін	-	W	$0,12 + 0,51 \cdot f_1$
		Y	$0,05 + 0,58 \cdot f_1$

Бос мүшелер жиынтықталған күйде өкпеден қанға өткен белсенділік үлесін құрайды, көрініп тұрғандай D класының бөлшектері бәрінен бұрын қанда (0,48) тиімдірік сіңіріледі. Бос мүшелердің және коэффициенттердің жиынтығы барлық үш класс үшін f_1 алдында 0,63, тең, бұл өкпеден шыққан ортақ белсенділікке сәйкес келеді.

РҚХК отызыншы жарияланымында респираторлық жолдың биокинетикалық үлгісінің блок-сұлбасы төмендегі суретте келтірілген (6-сурет). D_{N-P} , D_{T-B} , D_p параметрлері респираторлық жолдың тиісті аумағында тұрақтап қалған бөлшектердің үлесінен тұрады. Тұнған фракциялардың мәні РҚХК отызыншы жарияланымында АДМБ барлық мәндер үшін келтіріледі. Егер АДМБ шамасы белгілі болса, 1 мкм тең (консервативті бағалау) шама қабылданады. Бұл жағдайда тұнған фракцияның мәні келесілерге тең: D_{N-P} үшін 0,3, D_{T-B} үшін 0,08, және D_p үшін 0,25.



6-с. РҚХК отызыншы жарияланымындағы респираторлық жолдың блок – сұлбасы

Респираторлық жолдың әрбір бөлігі шартты түрде екі бөлікке бөлінеді оның әрбіріне респираторлық жолдан бөлшектердің одан әрі жылыстаудағы жолы беріледі.

Материалдың бір бөлігі мұрын жұтқыншағы аумағынан (N-P) қанға өтеді (*a* өлік), қалған бөлігі ІҚЖ (*b* бөлігі) түседі. Кеңірдек пен ауатамыр аумағындағы осыған ұқсас көрініс байқалады: материал *c* бөлігінен қанға сіңіріледі, *d* бөлігінен ІҚЖ өтеді. P – аумағы төрт бөлікке бөлінген. Бөлшектер *f*, *h* бөліктерінен респираторлық жол бойымен жоғарыға қарай кеңірдек пен ауатамыр аумағына одан әрі ІҚЖ қарай көтеріледі. Жылдам тазалау *f* бөлігі үшін, баяу тазалау *h* бөлігі үшін болжанған. Материал *e* бөлігінен қанға, *g* бөлігінен лимфатикалық ұлпаға өтеді. Лимфатикалық ұлпа да екі бөлікке бөлінген: материал *i* бөлігінен қанға өтеді, *j* бөлігінен тазалау болжанбаған. Әрбір бөлік үшін материалдың фракциясының мәні беріледі, олар қанға немесе ІҚЖ, сонымен қатар биологиялық жартылай шығарылу кезеңіне өтеді. Кестеде (2-кесте) үш класс үшін тазалауға арналған және АДМБ мәні 1 мкм тең деректер келтірілген, ол деректер 30–шы РҚХК жарияланымының шеңберінде ұсынылған болып табылады.

АДМБ 1мкм тең бөлшектері үшін респираторлық жолдың әрбір бөлігі бойынша биологиялық жартылай шығарылу кезеңі мен фракциялар мәні

Аумағы (фракция)	Бөлік	Класс					
		D		W		Y	
		T, д	F	T, д	F	T, д	F
N – P (0.3)	a	0,01	0,5	0,01	0,1	0,01	0,01
	b	0,01	0,5	0,4	0,9	0,4	0,99
T – B (0.08)	c	0,01	0,95	0,01	0,5	0,01	0,01
	d	0,2	0,95	0,2	0,5	0,2	0,99
P (0.25)	e	0,5	0,8	50	0,15	500	0,05
	f	-	-	1,0	0,4	1,0	0,4
	g	-	-	50	0,4	500	0,4
	h	0,5	0,2	50	0,05	500	0,15
L	i	0,5	1,0	50	1,0	1000	0,9
	j	-	-	-	-	-	0,1

Кестеден көрініп тұрғандай Y класының бөліктері өкпеден негізінен асқорыту жолына шығарылады. P – аумағында созылмалы түрде шығарылу байқалады.

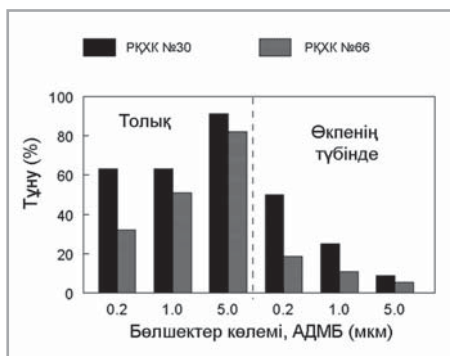
Ішкі сәулелену дозасын есептеу барысында респираторлық жолдың қандай да бір бөлігінде белсенділіктің тепе-тең таралуы болжанған.

1.1.3. РКХК №66 респираторлық жол үлгісі

Респираторлық жолдың соңғы үлгісі РКХК №66 жарияланымында жарияланған болатын. Жаңа үлгіде респираторлық жол бес бөлікке бөлінеді: кеуде жасушаларынан (ET) тыс жерде орналасқан, ET₁ және ET₂ алдыңғы мұрын жолдарына бөлінген тыныс жолдары, олар артқы мұрын мен ауыз жолдары, жұтқыншақ және көмейден тұрады. Кеуде бөліктеріне келесілер жатады: бронхиалдық (BB), бронхиолярлық (bb), және альвеолярлы – интерстициалдық (AI). Лимфатикалық ұлпа, кеудеден тыс және кеудедегі тыныс жолдарына қатысты түрде, LN_{ET} және LN_{тн} белгіленген AI бөлігі үш секцияға бөлінген, олардан радионуклидтер бронхиолярлық бөлікке биологиялық кезеңдерімен жартылай шығарылуы шамамен 35, 700 және 7000 күн болып белгіленеді [10]. Физиологиялық және анатомиялық тұрғысынан қарағанда жаңа үлгі шамалы тәптіштелген. ET₁ және ET₂ аумағы бірге N-P аумағын құрайды, ол РКХК отызыншы жарияланымында аталып өткен. BB аумағына ұқсас және T-B аумағы bb эквивалентті, ал AI аумағы P- аумағына ұқсас. Әрбір респираторлық жол үшін жасушалар-нысандар айқындалған. Кеуде ауа жолдары үшін бұл базалды жасушалардың эпителиалды қабаты. Өкпелер үшін – бронхиалды эпителийдің базалды және секреторлық жасушалары.

Кеуде үсті ауа жолдарында тұну дәрежесі тәжірибелік түрде анықталды, ал өкпе үшін математикалық үлгі қолданылды. Гравитациялық тұну механизмі көлемі 1 мкм жоғары бөлшектерге әсер етеді деп болжанған, ал көлемі 0,5 мкм төмен бөлшектері үшін диффузияның термодинамикалық заңдары әсер етеді. Көлемінің диапазоны 0,1-1 мкм бөлшектер үшін бұл аса ерекше маңызды болып табылады. Тұну процесін үлгілеу үшін кеуде тыныс жолдары бөлшектердің тыныс алу және тыныс шығару арқылы өтетін сүзгілер жүйесі ретінде қарастырылды.

Негізінен, РҚХК №30 жарияланымындағы тиісті мәндерден төмен респираторлық жолдың қандай да бір телімінде тұрақтаған бөлшектердің фракцияларының мәні төмен болып келеді. Төмендегі суретте (7-сурет) салыстыру үшін РҚХК №30 және №66 жарияланымының үлгісі үшін тұнған бөлшектердің фракцияларының мәні АДМБ шама-сынан функция ретінде келтірілген.



7-сурет. РҚХК №30 және №66 үлгілер шеңберіндегі АДМБ-тан функция ретінде тұнған бөлшектердің фракциялар мәні

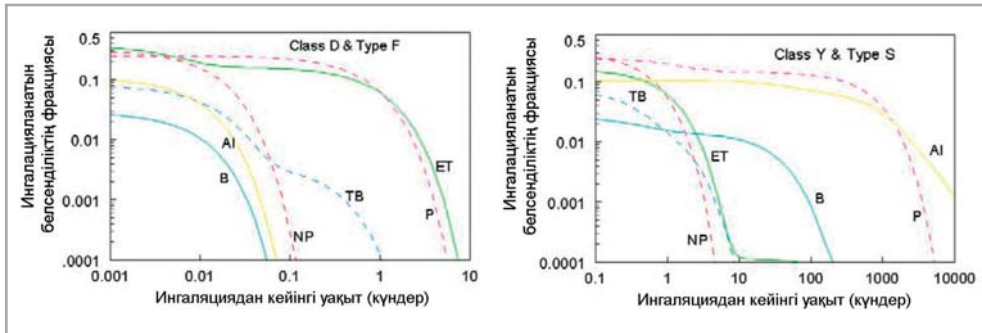
Суреттен көрініп тұрғандай, кейбір жағдайда айырмашылық елеулі көлемге дейін жетеді. Маңызды сәт ретінде, РҚХК №30 жарияланымындағы АДМБ ұсынылған мәні 1 мкм болып табылады, ал РҚХК №66 – 5 мкм болып табылады. Оның әсерінен тұнған бөлшектердің фракцияларының мәні өзгереді. N-Р және Р (РҚХК №30) аумағында фракциялар мәні тиісінше 30% және 25% тең, кеуде үсті және кеуде ауа жолдары (РҚХК №66) 74% және 5% тең.

Үлгі келесі тазалау механизмдерін болжайды: ЕТ₁ аумағында тұнған бөлшектер мұрын арқылы шығарылады, ал тазалаудың басқа телімдерінде ІҚЖ, лимфатикалық жүйеге және қанға сіңірілуі арқылы бөлшектердің жылыстау жолымен іске асырылады.

Жалпы жағдайда, егер қанға радионуклидтердің сіңірілу жылдамдығы жайлы нақты ақпарат болмаған жағдайда, РҚХК №66 материалдарды үш класқа бөледі, олар шамамен РҚХК №30 тазалау класына сәйкес келеді:

- F типі – 100% сіңірілу кезеңіндегі жартылай шығарылуы 10 минут. Жылдам сіңірілу барлық материал үшін, BB, bb және AI депонирленген. Материалдың жартысы, ЕТ₂ депонирленген, ішек қарын жолына бөлшектердің тасымалдануы арқылы шығарылады, ал жартысы сіңіріледі;
- M типі – 10% сіңірілу кезеңіндегі жартылай шығарылуы 10 мин және 90% жартылай шығарылуы кезеңі 140 күн. Материалдың жылдам сіңірілуі BB және bb шамамен депонирленген материалы 10%, және ЕТ₂ депонирленген материалы 5%;
- S типі – 0,1% сіңірілу кезеңіндегі жартылай шығарылуы 10 минут, және 99% жартылай шығарылуы кезеңі 7000 күн. Сіңірілудің болмашы пайызы ЕТ, BB және bb.

Төмендегі суретте (8-сурет) тыныс алу жолы арқылы түсіп, көлемі 1 мкм болатын бөлшек үшін түскеннен кейінгі уақыттың функциясы ретінде тыныс алу жүйесінің түрлі жолдарында тұрақтап қалатын белсенділік үлесіне байланысы келтірілген. Екі класс үшін байланыстылығы келтіріледі: D (F) және Y(S) – РҚХК №30 (66).



8-сурет. тыныс алу жолы арқылы түсіп, көлемі 1 мкм болатын бөлшек үшін түскеннен кейінгі уақыттың функциясы ретінде тыныс алу жүйесінің түрлі жолдарында тұрақтап қалатын белсенділік үлесіне байланысы

«B» белгісінде ауатамыр мен бронхиолдағы жиынтық белсенділігі көрсетіледі. Көрініп тұрғандай, ерігіштігі жоғары заттектер үшін РҚХК №66 үлгіде алдыңғы үлгіге қарағанда (T-B+P) кеуде бөлігінен (B+AI) белсенділіктің жылдам шығарылуын болжайды. Осымен қатар, кеуде үсті ауа жолдарының бөлінуі (ET, РҚХК №66) мұрын жұтқыншағы аумағынан бөлінуіне (N-P, РҚХК №30) қарағанда ұзағырақ. Айта кету керек, кеуде үсті ауа жолдарының бөлінуі (ET) ерігіштігі төмен және ерігіштігі жоғары қосылғыштарда шамамен 10 күнді құрайды, бұл белсенділікті механикалық шығарудың жылдамдығының теңдігі жайлы оның типі мен қосылу класына байланыстылығын көрсетеді.

Соңғы үлгі аз еритін заттектер үшін соңғы үлгі кеуде ауа жолдарынан белсенділіктің ұзақ уақыт бойы бөлінуін болжайды. Екі үлгі шеңберінде қабылданған жылдамдықтың арасындағы айырмашылықты биосынамларды талдамалау барысында ескеру қажет. Егер, РҚХК отызыншы жарияланымдағы үлгіні пайдаланатын болған жағдайда, өкпедегі немесе несептегі өлшенген белсенділіктің негізінде ингаляция арқылы белсенділіктің түсуін бағалау едәуір жоғарылауы мүмкін.

Жаңа үлгідегі асқорыту жолы секілді, респираторлық жолдың жаңа үлгісі ішкі сәулелену дозасының алдыңғы есептеу әдіснамасынан ерекшеленді.

РҚХК №66 тыныс жолдар үлгісін болжайды, радиосезімтал ұлпалар тынысалу жүйесінің ішкі жағында әркелкі таралған. Алты ұлпа-нысана бөлініп алынады: мұрынның алдыңғы бөлігіндегі мүйізденген тері эпителийі, негізгі кеуде үсті тыныс жолдары эпителийі, жыбырлағыш ауатамыр эпителийі, жыбырлағыш бронхиол эпителийі, альвеолярлық-интерстицийі және кеуде үсті лимфатикалық жүйелер. Ұлпаның әрбір типі үшін радиосезімталдылықтың массасы (ересек ер адам үшін) және коэффициенті анықталды.

Төмендегі кестеде (3-кесте) РҚХК 30-шы және 66-шы жарияланымындағы үлгілердің шеңберінде бірқатар радионуклидтердің дозалық жүктемелерінің мәні келтірілген [11]. АДМБ шамасының нәтижелері 1мкм тең түрлі тазалау классындағы бөлшектер үшін келтірілген.

3-кесте

**РҚХК №30, №66 үлгілер шеңберіндегі дозалық коэффициенттер мкЗв/Бк.
Бөлшектер көлемі АДМБ = 1мкм**

Изотоп	РҚХК № 30		РҚХК № 66	
	Класс	мкЗв/Бк	Класс	мкЗв/Бк
²³⁹ Pu	W	70	M	53
	Y	60	S	16
²⁴¹ Am	W	70	M	55
²⁴² Cm	W	4	M	5.1
⁶⁰ Co	W	0,009	M	0.0084
	Y	0,06	S	0.027
¹⁴⁴ Ce-Pr	W	0,05	M	0.032
	Y	0,1	S	0.045

Кестеден көрініп тұрғандай, РҚХК №30 үлгісі сәулелену дозасының РҚХК №66 үлгісіне қатысты мәнінің жоғарылауын көрсетеді (5 еседен жоғары емес).

Респираторлық жолдың үлгісін шолу бойынша келесі қорытындылар жасауға болады:

- РҚХК №30 және №66 үлгілерінің шеңберінде жүргізілген, респираторлық жолдың ішкі сәулелену дозасын есептеу нәтижелері жақын, алайда бірқатар жағдайда бір еседен аспайтын айырмашылықтарды көрсетеді;
- Аэрозолдармен тыныстау барысында үлкен қауіпті АДМБ мәні төмен бөлшектер тудырады.

ҚОРЫТЫНДЫ

Жасалған әдеби шолудан көрініп тұрғандай, дозиметрлік үлгілер тәжірибелік деректер мен білімнің жинақталу шамасы бойынша көптеген өзгерістерге ұшырайды. Ішкі сәулелену дозасын есептеу әдіснамасы өзгеріске ұшырайды, соған байланысты түрлі жылдардағы жарияланымдардағы үлгілердің көмегімен алынған нәтижелердің арасындағы сәйкессіздіктер пайда болуы мүмкін.

Ішкі сәулелену дозасын есептеу тәсілін дамытуда келесі жалпы тенденция байқалады: мүшенің орташа дозасынан аса сезімтал ұлпалардың дозасына өтеді. Аталған жағдай, асқорыту жолының ішкі сәулелену дозасының РҚХК №30, №100 үлгісінің шеңберіндегі алынған әлсіз енетін сәулелерден айырмашылығының басты себебі болды. Көптеген айырмашылық ішектің аумағында байқалады, себебі ⁹⁰Sr үшін ішкі сәулелену дозасының айырмашылығы бірнеше есеге жетеді. Қолда бар ақпараттың шеңберінде РҚХК №30, № 66 үлгісінің шеңберінде респираторлық жолдың дозасының айырмашылығының маңызы төменірек (бірнеше есе төмен).

Қорытынды ретінде биокинетикалық үлгілердің «өміршеңдігін» көрсететін жұмысты көрсетуге болады [12]. Жұмыс барысында биосубстраттардың (несептің) белсенділігін тура анықтау және биокинетикалық үлгіні пайдалана отырып несеппен бірге белсенділіктің бөлінуінің теориялық бағасын анықтау арасындағы салыстырмалы талдаманы жүргізу қажет. Зерттеу нысаны ретінде, 11 мен 52 жас аралығындағы бес адамнан тұратын финдік отбасы алынды. Алдын ала, отбасы қай жерде және қашан тұрды және пайдалану үшін суларды қай көзден алғаны жайлы сауалнама жүргізілді. Көрсетілген көздерден уранның құрамы жайлы судың сынамасына талдама жасалды. Уранның биокинетикалық үлгісін пайдалана отырып, уранның несеппен шығарылу белсенділігі бағаланды, ол несептің сынамасының шынайы талдамасымен салыстырылды. Келесі нәтижелер алынды: отбасының ересек мүшесі биокинетикалық үлгілердің көмегімен алынған нәтижелер шынайы қатыстылық мәндерге қарағанда 1,5 – 2,5 есеге жоғары екені анықталды, ал баланың нәтижесі 20 есеге жоғары екені анықталды.

Уранның шығарылу мәнін салыстыру, биокинетикалық үлгінің көмегімен алынған несеппен және биосубстраттармен тура өлшеу шынайы адамның физиологиясының математикалық үлгімен ықтимал жақындығын көрсетеді. Алайда, дозаны бағалау дәлсіздігі радионуклидтің өзінің үлгісінде ғана құрамдас болып қана қоймай, сонымен қатар көбіне анық болуы мүмкін шығу параметрлерін (АДМБ шамасы, радионуклидті анықтау формасы, түсу кезеңі және т.б.) таңдауда да орын алуы мүмкін.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. Charles A. Potter. Internal dosimetry – a review / Charles A. Potter // Health Physics. – 2004. – Т. 87. – №5.
2. Human alimentary tract model for radiological protection. A draft document by a Task Group of Committee 2 of The International Commission on Radiological Protection. – 2004.
3. Dose due the Incorporation of Radionuclides Using Teeth as Bioindicators nearby Caetité Uranium Mines / Viviane S. M. Brasil, Simara S. Campos, Roseli F. Gennari // World Academy of Science, Engineering and Technology. – 2011.
4. David P.Hickman. Technical basis document for internal dosimetry / David P.Hickman. – 1991.
5. Leggetta R. W. Reliability of Current Biokinetic and Dosimetric Models for Radionuclides / R. W. Leggetta, K. F. Eckerman, R. A. Meckb // A Pilot Study. – 2008.
6. Ғаламтор көзі: <http://www.eurolab.ua/anatomy/system/respiratory/>
7. Ғаламтор көзі: <http://bibliotekar.ru/447/141.htm>
8. Keith F. Eckerman. Limiting values of radionuclide intake and air concentration. Dose conversion factors for inhalation, submersion, and ingestion / Keith F. Eckerman, Anthony B. Wolbarst, and Allan C.B. Richardson. – 1988.
9. HRA consultation No. 26-MF-7555-00D. APPENDIX J – Discussion of the Respiratory Tract Models, Computer Dosimetry Models and Uranium Transport Through the Kidney. – 2000.

10. АТЭХАГ қауіпсіздік бойынша нормаларының сериясы. Радионуклидтердің түсу салдарынан қызметкерлердің кәсіби сәулеленуін бағалау.
11. Bruce B. Boecker. Comparison of old and new ICRP models for respiratory tract dosimetry / Bruce B. Boecker // Inhalation Toxicology Research Institute, NM 871 85.
12. Wahl W. Comparison between Modelling and in vivo Measurements of Natural Radionuclides in Man for Proof of the Biokinetic Model and for Reconstruction of the Radiation Exposure / W. Wahl, W. Li, P. Roth, M. Muikku, L. Salonen, T. Rahola.

ВНУТРЕННЯЯ ДОЗИМЕТРИЯ. ОБЗОР БИОКИНЕТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Шатров А.Н.

***Институт радиационной безопасности и экологии НЯЦ РК,
Курчатов, Казахстан***

В предлагаемой работе представлен обзор биокинетических моделей пищеварительного и респираторного трактов человека рекомендуемых международным комитетом радиационной защиты (РКХК). Приводятся результаты экспериментов проводимых на животных, направленных на изучение процессов удержания и выведения радионуклидов из организма. Рассматриваются процессы поглощения, оседания и удержания частиц на различных участках респираторного и пищеварительного трактов. Проведено сравнение доз внутреннего облучения органов полученных в рамках различных публикаций РКХК.

Ключевые слова: биокинетическая модель, пищеварительный тракт, респираторный тракт, поглощение, удержание, выведение, доза внутреннего облучения, класс растворимости.

INTERNAL DOSIMETRY. REVIEW OF BIOKINETIC MODEL

Shatrov A.N.

Institute of Radiation Safety and Ecology NNC RK, Kurchatov, Kazakhstan

The paper presents an overview of biokinetic models of digestive and respiratory tracts of a person recommended by the International Committee of Radiation Protection (ICRP). The results of experiments conducted on animals for understanding the processes of retention in and excretion of radionuclides from the body are provided in the paper. It also considers absorption, deposition and retention of particles in different parts of the respiratory and digestive tracts. Internal exposure doses received in the various publications of ICRP have been compared.

Keywords: biokinetic model, digestive tract, respiratory tract, absorption, retention, excretion, internal exposure dose, solubility class.

УДК 614.87:504.75.05:539.16

ШЫҒЫС ҚАЗАҚСТАН ОБЛЫСЫНДА АУРУ МЕН ӨЛІМНІҢ ЖОҒАРЫ БОЛУ СЕБЕПТЕРІ ЖАЙЛЫ МӘСЕЛЕГЕ ҚАТЫСТЫ

¹ Мещерякова А.В., ¹Галич Б.В., ¹ Лукашенко С.Н.,

¹ Яковенко Ю.Ю., ² Федоров Г.В., ³Кучина Е.Б.

¹*ҚР ҰЯО Радиациялық қауіпсіздік және экология институты,
Курчатов, Қазақстан*

²*«Волковгеология» АҚ, Қазақстан*

³*Семей қаласының Мемлекеттік медициналық университеті, Семей, Қазақстан*

Мақалада, Шығыс Қазақстан облысы тұрғындарының денсаулығын сипаттайтын негізгі көрсеткіштер арасындағы байланыстылықты және аймақтың қоршаған ортасының (ҚО) ластануының жетекші факторларын анықтауға талпыныс жасалады. Тұрақты түрде жоғары, ұзақ уақыт бойындағы кезеңдегі, өлімнің деңгейіне, жалпы және онкологиялық аурулардың деңгейіне, сонымен бірге облыстың жеке бір аумақтарының радиациялық және химиялық ластануына ерекше назар аударылады. Тұрғындардың денсаулығына байланысты шиеленіскен жағдай, ҚО ластану типімен үйлесімі бар аймақтарда байқалады.

Кілт сөздер: қоршаған орта факторлары, табиғи радионуклидтер, жасанды радионуклидтер, демографиялық ахуал, өлім көрсеткіші, қатерлі ісіктер, ССП, тұрақты ластану көздері.

КІРІСПЕ

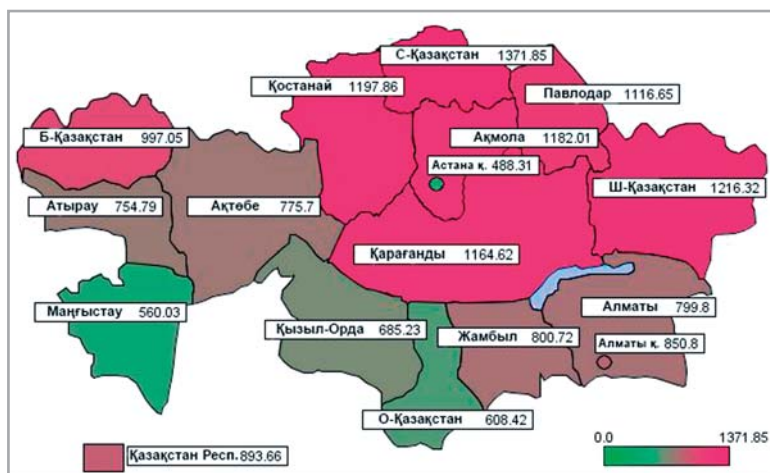
Қоғам денсаулығы – адамдардың тұрмыс салты мен қоршаған орта факторларының әрекет етуімен шартталған мемлекеттің маңызды әлеуметтік және экономикалық әлеуеті. Экологиялық жағдайы қолайсыз деген аумақта тұрып жатқан адамдардың денсаулығына теріс әсер етуі мүмкін деген факторлардың маңызды деген мәселелерінің бірін анықтау болып табылады. Бұндай аумақтарға ең алдымен Шығыс Қазақстан облысы жатады. Адамдардың денсаулығына байланысты қалыптасқан қоғамдық пікірді, аталған аумақтағы қиын жағдайды, ең алдымен Семей сынақ полигонының ұзақ уақыт бойы әсер етуімен байланыстырады. Сонымен қатар, ССП-ғы сынақтар адамның денсаулығына осы уақытқа дейін әсер етеді және болашақ ұрпақтың денсаулығында ұзақ уақыт бойы көрініс береді деп болжайды [1, 2, 3].

Аумақтағы адамдардың денсаулығын сақтауға қатысты мәселеде бұндай монофакторлы тәсіл бір жағынан аумақтың тұрғындарының техногенді сәулеленуіне әсерін бағалау мүмкіндігіне, екінші жағынан – қоршаған ортаның ластануының радиациялық емес факторлары мен табиғи радиоактивтілік факторлары жағынан орын алған қатерлер мен шынайы экологиялық жағдайды жете бағаламауға алып келеді.

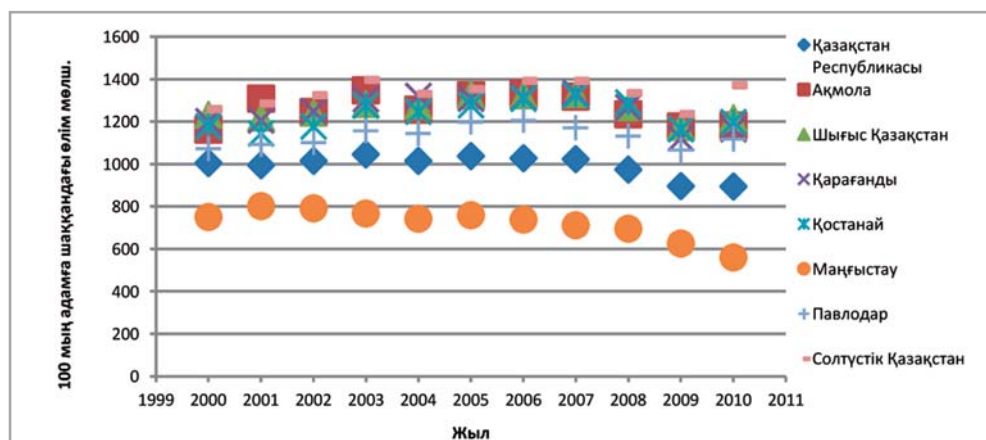
1. АУРУ МЕН ӨЛІМНІҢ ДЕҢГЕЙІН САЛЫСТЫРМАЛЫ ТҮРДЕ БАҒАЛАУ

1.1. Қазақстан Республикасындағы ҚЖӨ ауруы мен өлімге салыстырмалы түрде баға беру

Қазақстанда кейбір оң үрдістермен қатар соңғы жылдары белең алған популяциялық денсаулықтың ахуалына байланысты кейбір аймақтардағы оның негізгі көрсеткіштері жоғары болып табылады, олар қоршаған ортаның ахуалына қарай жоғары байланысу дәрежесіне ие, бұған ең алдымен тұрғындардың өлімі мен онкологиялық ауру қатысты.



1-сурет. 2010 жылға Қазақстан Республикасында 100 мың тұрғынға шаққандағы жалпы өлімнің деңгейі



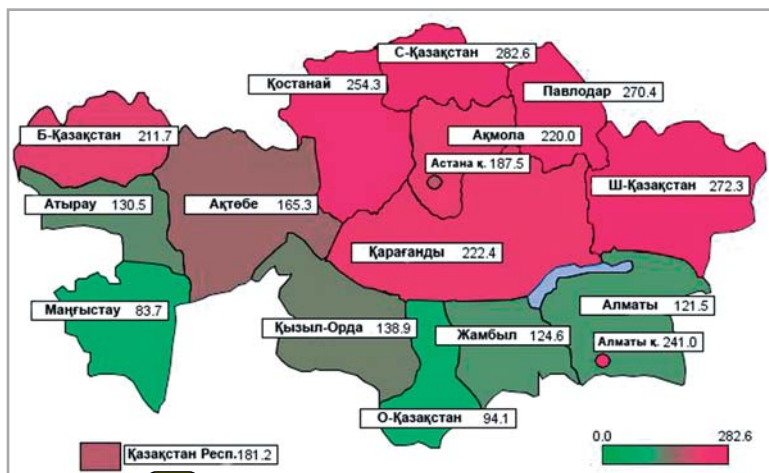
2-сурет. Қарқынды күйдегі Қазақстан Республикасының өндірістік дамыған аумақтарындағы жалпы өлім көрсеткішінің деңгейі

Қазақстан Республикасы бойынша өлімді салыстырмалы түрде бағалау үшін «Мединформ» компаниясының («Мединформ» компаниясының ресми сайты medinfo.kz) медициналық статистикасының нәтижелері алынған болатын. Нәтижелері картографиялық деректер мен кестелік бейнелер түрінде келтірілді (1, 2-сурет) [4].

Қазақстан Республикасында 2010 жылы 100 мың тұрғынға шаққандағы өлімнің деңгейі әркелкі сипатқа ие екені жайлы деректер төмендегі 1-суретте келтірілген. Айқын көрініп тұрғандай, Республика бойынша өлімнің деңгейі әртүрлі. Жалпы өлім деңгейі бойынша 6 облыс айқын түрде көрініп тұр (Солтүстік Қазақстан, Шығыс Қазақстан, Қостанай, Ақмола, Қарағанды, Павлодар), олардың көрсеткіші республика бойынша орташа көрсеткіштерден 1,2-ден 1,5 есеге жоғары (1-сурет) [4].

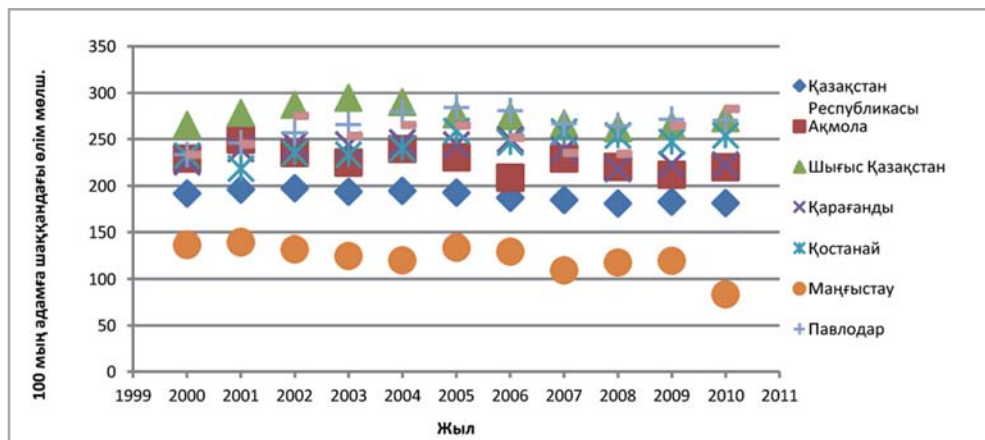
Белгілі бір уақыт кезеңіндегі көрсеткіштердің қарқынын бағалай отырып, жетекші облыстар бойынша өлімнің деңгейі тұрақты түрде жоғары күйде сақталғаны байқалады, сонымен қатар жоғарылау деңгейі алынған көрсеткіштің флюктуациясынан жоғары екенін көруге болады (2-сурет) [4]. Сонымен қатар, ШҚО тұрақты «көшбасшы» деп атауға жарамас, себебі жоғары көрсеткіштер, белгілі бір кезеңде Солтүстік Қазақстан, Ақмола, Қостанай, Қарағанды облыстарына да тән болып келеді.

Қатерлі жаңа өскіндер (ҚЖӨ) ауруын салыстырмалы түрде бағалау үшін Қазақстан Республикасы бойынша Денсаулық сақтау Министрлігінің статистикалық материалдары пайдаланылған болатын [4]. 2010 жылғы ҚЖӨ барлық жаңа оқиғалары жайлы тіркелген деректер төменде карта түрінде берілген (3-сурет) [4]. ҚЖӨ ауруының көрсеткіштерінің өзгеру қарқыны төмендегі кесте күйінде көрсетілген (4-сурет) [4].



3-сурет. 2010 жылғы 100 мың тұрғынға шаққандағы Қазақстан Республикасындағы ҚЖӨ барлық түрлерінің жаңа оқиғалары

ҚЖӨ барлық түрлерімен ауруын талдамалай келе, сонымен бірге облыстар бойынша көрсеткіштердің әркелкілігі анық көрінеді. Республикадағы облыстардың арасынан 3 «көшбасшыны» (Солтүстік Қазақстан, Шығыс Қазақстан және Павлодар) алып қарауға болады, олардың көрсеткіштері орташа республикалық көрсеткіштен 1,5 есеге жоғары.



4-сурет. Қазақстан Республикасының өндірістік дамыған облыстарындағы ҚЖӨ ауруының деңгейі

Жеке бір уақытша флюктуацияға қарамастан, жеке бір аймақтардың тұрғындарының қатерлі жаңа өскіндермен науқастану қарқынының деңгейін талдамалау кезеңін бақылау барысында, орташа деректерден артық ауытқулар анықталған жоқ (4-сурет) [4].

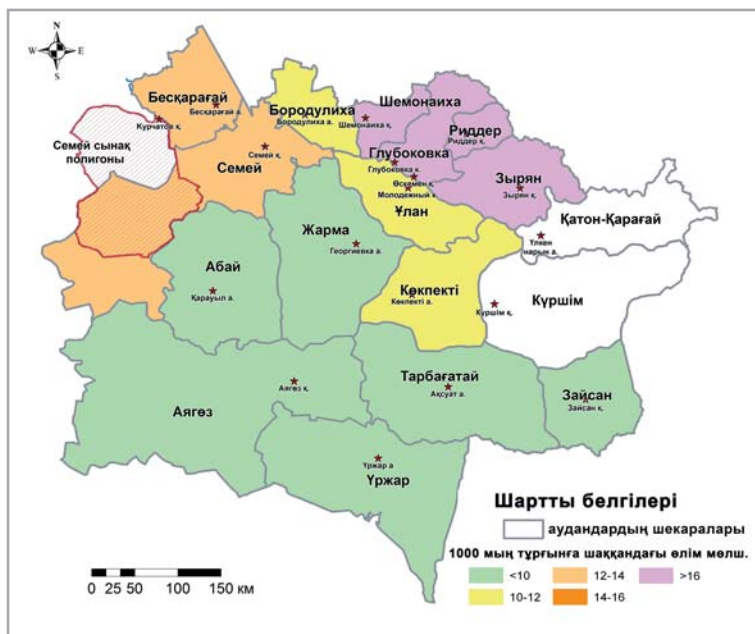
Алынған деректерді зерттей келе, байқалғаны, Шығыс Қазақстан облысы Қазақстан Республикасы бойынша тұрғындардың денсаулығының тұрақты жоғарғы негізгі көрсеткіші бойынша айрықша болып табылмайды. Аталған көрсеткіштердің таралуындағы ерекше әркелкілігі түрлі себептерге байланысты болуы мүмкін. ХДҰ деректері бойынша, әлеуметтік-экономикалық жағдай мен өмір сүру деңгейі, генетикалық мәртебесі, экология және денсаулықсақтау деңгейінің дамуы халықтың денсаулығына белгілі бір үлесті қосады. Аталған факторлардың облыстар бойынша даму деңгейіндегі әркелкілігі, Республика бойынша жалпы алғанда ауру мен өлімнің көрсеткіштерінің таралуы бойынша да әркелкілік тудырады [5, 6].

1.2. Шығыс Қазақстан облысындағы ҚЖӨ ауру мен өлім деңгейін салыстырмалы түрде бағалау

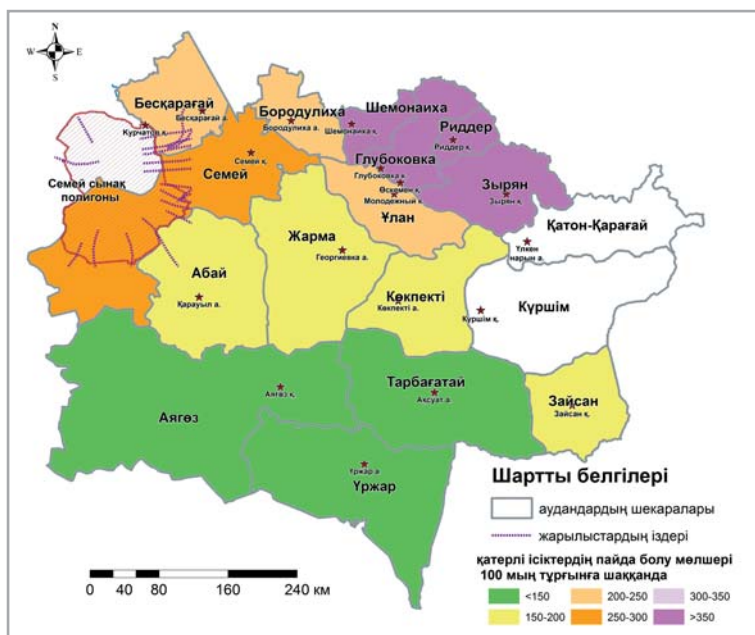
ШҚО түрлі аудандары бойынша ауру мен өлім деңгейін салыстырмалы түрде бағалау үшін ШҚО Денсаулықсақтау басқармасының медициналық статистика бюросының статистикалық материалдары зерттелген болатын.

ШҚО аудандарындағы 1990 және 2010 жылдар аралағында кезеңде ҚЖӨ ауру және өлім деңгейінің таралуы бойынша орташа деректер төмендегі 5,6-суреттерде келтірілген [7].

Облыстың түрлі аумақтарындағы өлімнің көрсеткішінің таралуы анық түрде әркелкі сипатта. Абай, Аягөз, Жарма, Зайсан, Көкпекті, Үржар аудандары секілді, орташа статистикалықтан аспайтын көрсеткіштері жоқ қалалардың жанында, едәуір жоғары көрсеткіштері бар келесі қалалар – Риддер, Өскемен, Зыряновск, Шемонаиха және Глубоковка ауданы, қалалар ерекше анық көрінеді (5-сурет) [7].



5-с. 1990-2010 ж.ж. кезеңде (орташа) 1000 тұрғынға шаққандағы ШҚО аудандарындағы өлімнің таралу деңгейі



6-с. 1990-2010 ж.ж. кезеңде (орташа) 100 мың тұрғынға шаққандағы ШҚО аудандарындағы ҚЖӨ ауруының таралу деңгейі

Осыған ұқсас жағдай, Шығыс Қазақстан облысының түрлі аймақтарындағы қатарлі жаңа өскіндермен ауырғандарды бағалау барысында байқалады. Жалпы аясы бар аудандар (Глубоковка, Шемонаиха) мен қалалардың (Өскемен, Риддер, Зыряновск) жоғары көрсеткіштері айқын байқалады (6-сурет) [7].

ҚЖӨ ауырғандардың және ШҚО өлімнің көрсеткішінің таралуындағы бұндай әралуандылық, болжаммен алғанда, қоршаған ортаға және оның әсерінен тұрғындардың денсаулығына әсер етуші теріс факторлардың таралуының әркелкілігі жайлы хабардар етеді.

2. ҚОРШАҒАН ОРТАҒА ӘСЕР ЕТЕТІН ТЕРІС ФАКТОРЛАР

2.1. ШҚО қоршаған ортасының радиациялық ластану факторлары

Шығыс Қазақстан аумағында қоршаған ортаға әсер ететін радиациялық ластанудың бірнеше негізгі факторлары орын алған, олар техногенді және табиғи факторлар. Облыс аумағында техногенді радиациялық ластанған бірқатар көздер бар, оның ішінде ең алдымен бұрынғы Семей сынақ полигоны аталады. Табиғи радиоактивтілік факторлары, табиғи радионуклидтердің көздерінің орын алумен шартталған, олар радиоактивтілікті тудыратын табиғи көздер болып табылады және олар тұрғындар өмір сүретін аумақтарда кішігірім радиациялық ая қалыптастырады.

2.1.1. Семей сынақ полигонының қызметі (ССП)

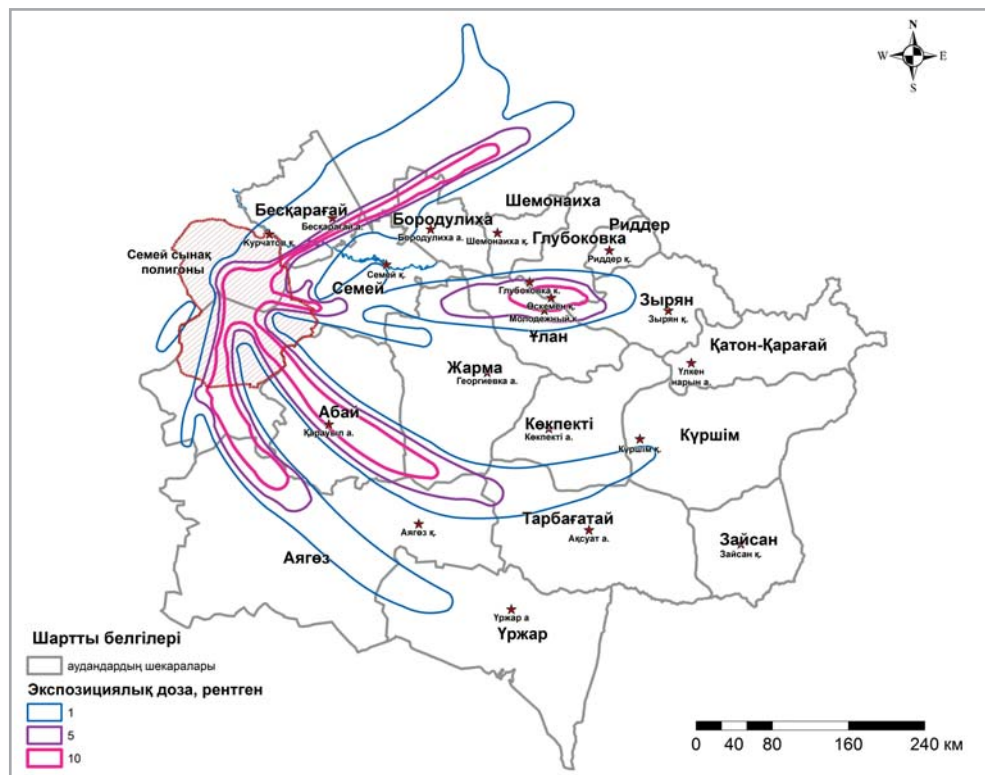
Семей сынақ полигонында 50-ші жылдардағы және 60-шы жылдардың басындағы атмосфералық ядролық сынақтар, облыстың аумағындағы радиоактивті ластануға алып келді, және жарылыстың эпицентрінен жүздеген километрге деген созылған радиоактивті із қалыптастырды (7-сурет).

Ядролық жарылыстардың радиоактивті іздерінің орналасуын қалпына келтіру үшін радиациялық барлаудың мұрағаттық деректерінің материалдары пайдаланылды, және КСРО ДМ санэпидемстанса зертханалары және КСРО Мемкомгидромет бөлімшелерінен алынған қоршаған ортаның радиоактивті ластануы жайлы деректер қолданылды. ШҚО қазіргі әкімшілік картасына салынған радиоактивті іздердің орналасуы [8], қалпына келтірілген күйде төмендегі 7-суретте келтірілген.

ШҚО аумағының ластануы, біркелкі сипатта болмағаны байқалып тұр. Жеке бір телімдерде жергілікті гамма-сәуле шығару дозасы радиоактивті заттектер толық ыдырағанға дейін 10 рентгенді құрады [9].

Тұрғындардың дозалық жүктемесінің қалыптасуы, радиациялық қорғаныс бойынша шаралар, оның ішінде тұрғындарды уақытша көшіру секілді бірқатар себептерге байланысты болды. ССП ядролық сынақтарды өткізу кезіндегі тұрғындардың максималды сәулену дозасы 29.08.1949 ж. бірінші ядролық сынақты өткізу барысында орын алған болатын, ол кезде радиациялық қауіпті төмендету үшін ешбір шаралар жасалмаған болатын. Сол кездегі ядролық сынақтан кейінгі дозаның басым бөлігі бастапқы 10 тәулік ішінде қалыптасты, және сәулену сыртқы сәуленудің қатерлі сипатына ие болды. Осыған байланысты бұл дерекпен бірге, ССП бірінші сынағынан

кейін іздің өзегі бойымен орналасқан елді-мекендердің тұрғындары жоғары сыртқы сәулелену дозасын алды. Черемушки және Долонь ауылдарындағы тұрғындардың сыртқы сәулеленуден түскен мүмкін деген дозасы 190 және 150 сГр құрады, ал басқа аумақтарда (Саржал ауылы) жер үстінде жасалған сынақтар кезінде қатерлі топтардың сыртқы сәулелену дозасынан түскен мүмкін деген дозасы 50 сГр асқан жоқ [10]. Радиациялық түсулердің ареалында тұрып жатқан тұрғындардың ішкі сәулелену дозасы сыртқы сәулелену дозасының 30% дейінгі шамасын құрады [10].



7-сурет. ССП сынақтардан түскен радиоактивті түсулердің салдарына қатысты жергілікті жерге жасалған экспозициялық дозалар картасы (жергілікті жерде толықтай ыдырағанға дейін рентгенмен берілген)

Қазіргі уақытта, ҚР ҰЯО РҚЭИ өткізілген жұмыстардың негізінде ССП сынақтарының іздері өзегінде орналасқан ауылдардағы радиациялық ахуал қауіптілік тудырмайды деген қорытынды жасауға болады. Сыртқы сәулелену дозасы аялық мәндер деңгейінде орын алған. Ішкі сәулелену дозасының мәні рауалы мәннен аспайды [11].

ССП сынақтардан түскен радиоактивті түсулердің зардаптарынан жергілікті экспозициялық дозаның картасын және ШҚО аудандарындағы ҚЖӨ ауруы мен өлімінің таралу деңгейінің картасына салыстыра отыра, Риддер, Зыряновск, Шемонаиха секілді қолайсыз аудандар ССП өткізілген ядролық сынақтардың іздері өткен аумақта орналасқанын байқауға болады. Сонымен қатар, ШҚО өлім деңгейі мен ҚЖӨ ауруының

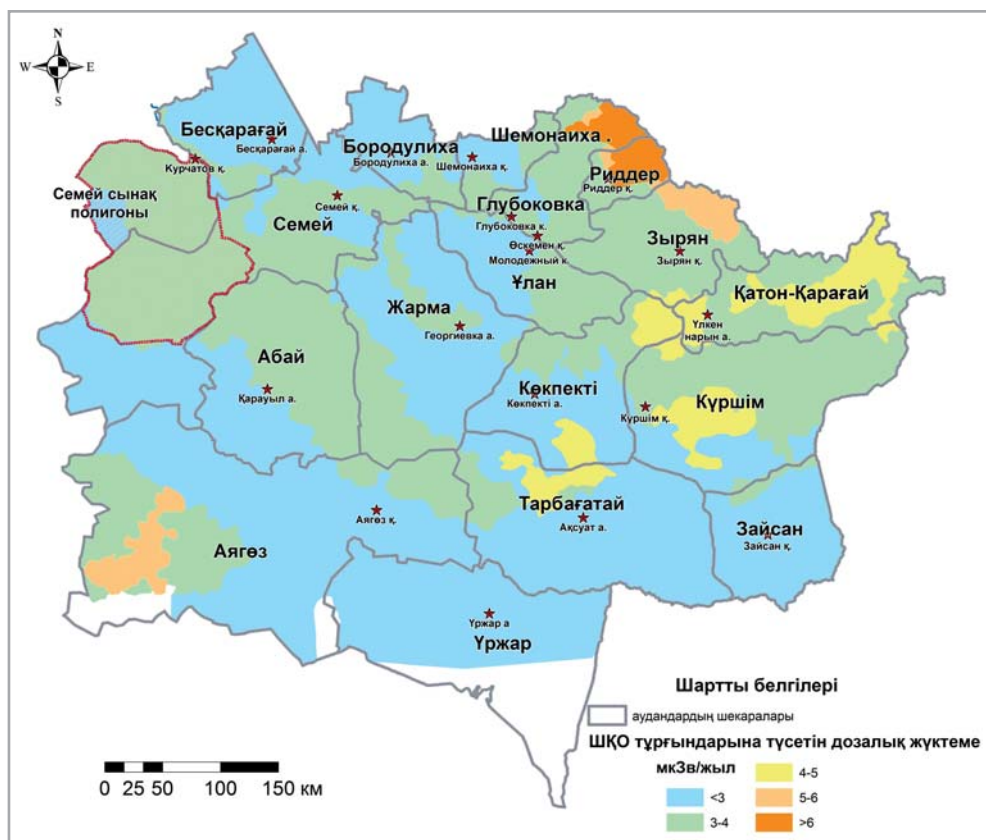
тұрақты түрде жоғары болуы, тек қана ССП өткізілген сынақтардың зардаптарымен ғана байланысты емес екенін болжауға болады.

2.1.2. ШҚО аумағындағы табиғи радиоактивтілік факторлары

«Волковгеология» АҚ ортақтаса отырып ҚР ҰЯО Радиациялық қауіпсіздік және экология институты және басқа да ұйымдар 2004-2007 жж. аралығында Қазақстан Республикасының аумағындағы радиациялық ахуалды зерттеу бойынша жұмыстарды жүргізді.

ШҚО бойынша алынған кейбір нәтижелер ШҚО табиғи радионуклидтері мен радонқауіптіліктен тұрғындарға түсетін дозалық жүктемелері карта түрінде келтірілген (8-сурет) [12].

Негізі аядағы табиғи радионуклидтерден түсетін орташа жылдық дозалық жүктемесі 2-3 мЗв/жыл (Қазақстан бойынша табиғи радиациялық аядан түсетін орташа мәні 2,4 мЗв/жыл), тұрғындарға түсетін жинақталған дозаны қалыптастыратын аймақтарда 3,1 мЗв/жыл бастап 4,5 мЗв/жыл дейінгі аралықта. Ең жоғары дозалық жүктемелер Лениногорск телімінде болуы мүмкін, олар 6,7 мЗв/жыл асуы мүмкін [12].

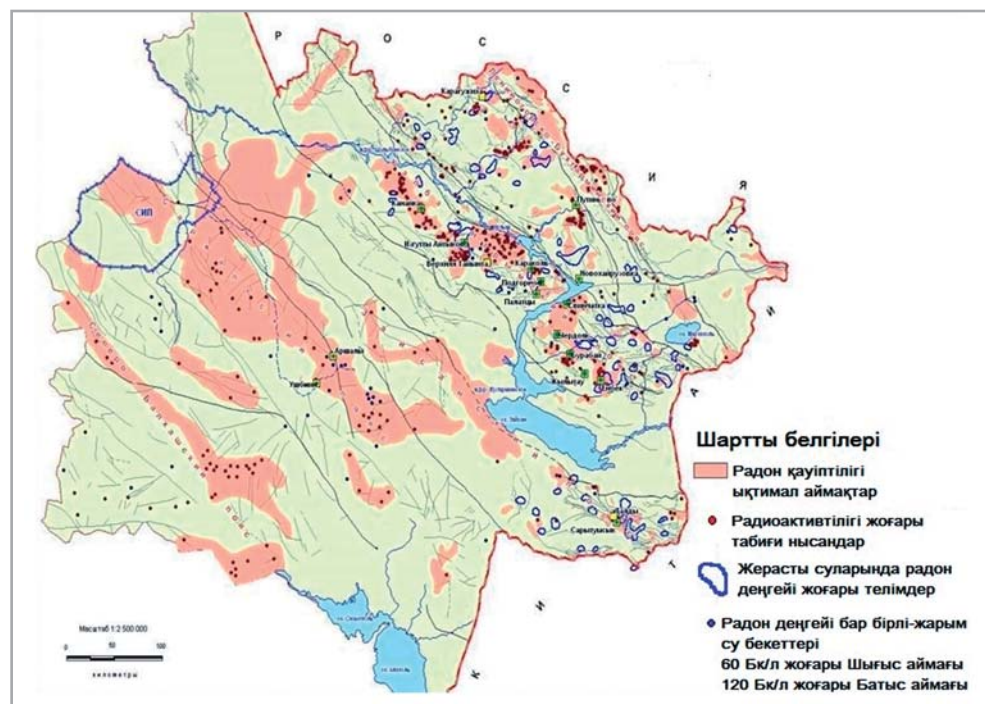


8-сурет. ШҚО тұрғындарына табиғи радионуклидтерден түсетін дозалық жүктеменің картасы (мЗв/жыл)

ШҚО 33% дейінгі аумағы, ал бұл 95 мың км² қауіптілігі ықтимал аумақтарға жатады, олар радиоактивті ластанудың табиғи көздерімен шартталған, халықтың өмір сүру аймақтарындағы жоғары радиациялық аяны түзетін, радиогеохимиялық аймақтардың орын алуымен байланысты [13].

Сонымен бірге радоннан сәулелену табиғи көздерден тұрғындардың сәулеленуінің жалпы ұжымдық дозасының жартысынан көбін құрайды (9-сурет). Бірқатар елді-мекендегі радонның эквивалентті тепе-теңдік белсенділігінің (РТЭБ) мәні 8-9 мың Бк/м³ (200 Бк/м³ норма барысында) жетеді, б.а. нормативтен 40 есеге асады. Жерасты суларынан радонның белсенділігін анықтауда, нормативі 60 Бк/л барысында, зерттелген ауызсу көздерінің 47% радон белсенділігінің деңгейі 300 Бк/л-ге дейін екенін көрсетеді [14].

Радонның шоғырлануы 100 Бк/м³ жоғарылаған жағдайда өкпеде обырдың дамуы қатер 16% дейін ұлғаяды. Доза-әсер арақатынасы желілік болып табылады, басқаша айтқанда өкпеде обырдың даму қатері радонның өсуімен қатар тепе-тең өседі [15].



9-сурет. ШҚО радонқауіптілік картасы

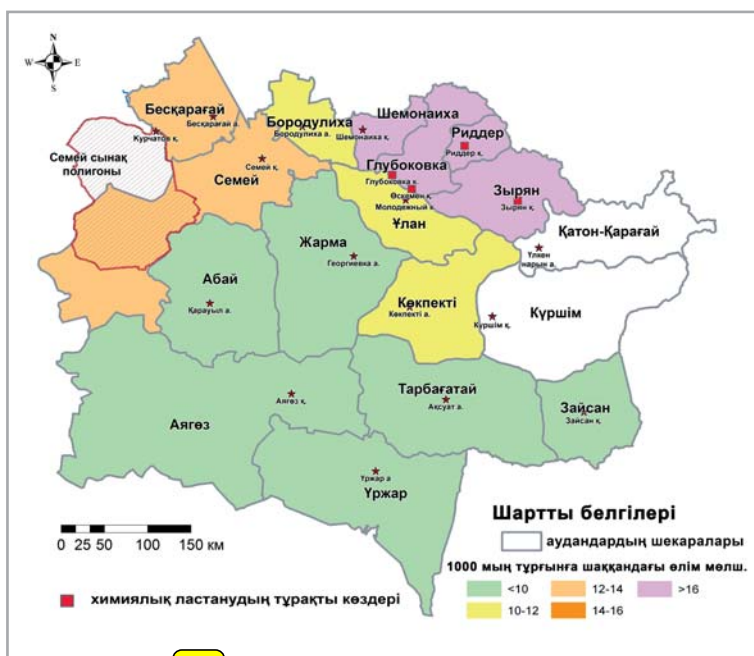
Табиғи радионуклидтердің үлесін бағалай отыра, Риддердегі радиациялық ая жоғарылау екені айқын көрінеді, ол радиоактивтіліктің табиғи көздерімен шартталған. Осылайша, ССП алыс арақашықтықта орналасқан және радиоактивті түсулердің іздері орын алған аумақтар ҚЖӨ ауруы мен өлімнің жоғары көрсеткішіне ие, атап айтқанда табиғи радиоактивтіліктің факторларының салдары болуы мүмкін.

2.2. ШҚО қоршаған орта ластануының радиациялық емес факторлары

Шығыс Қазақстан облысы, Қазақстандағы өнеркәсіп секторының дамыған облыстарының бірі болып табылады. Сонымен бірге облыстың «бай» өнеркәсібі аймақтағы қоршаған ортаның химиялық ластанушы қатерлі көздерінің бірі болып табылады, ол тұрғындардың денсаулығына кері әсер етуде.

Облыстың өндірістік кәсіпорындары жылына атмосфераға 147,2 бастап 184,2 мыңға дейін ластанушы заттектер шығарады [17]. Өскемен қаласындағы атмосфераның ластанушы индексі 7,2, ал Риддерде – 6,3 құрайды, бұл атмосфераны ластанудың жоғары және аса жоғары деңгейін көрсетеді [16].

Тау-кен металлургиялық және энергетикалық кешендердің негізгі кәсіпорындары өзен желісінің тығыздау аймағында орналасқан. Бұндай орналасудан, өндірістік кәсіпорындардан шыққан барлық ластанушы заттектер газтәрізді, сұйық және қатты қалдықтарымен қоса амалсыз өзен желісіне, топыраққа түсетінін байқаймыз. Төмендегі 10-суретте, химиялық ластанушы стационарлық көздердің көбірек орналасқан жерлері көрсетілген [18].

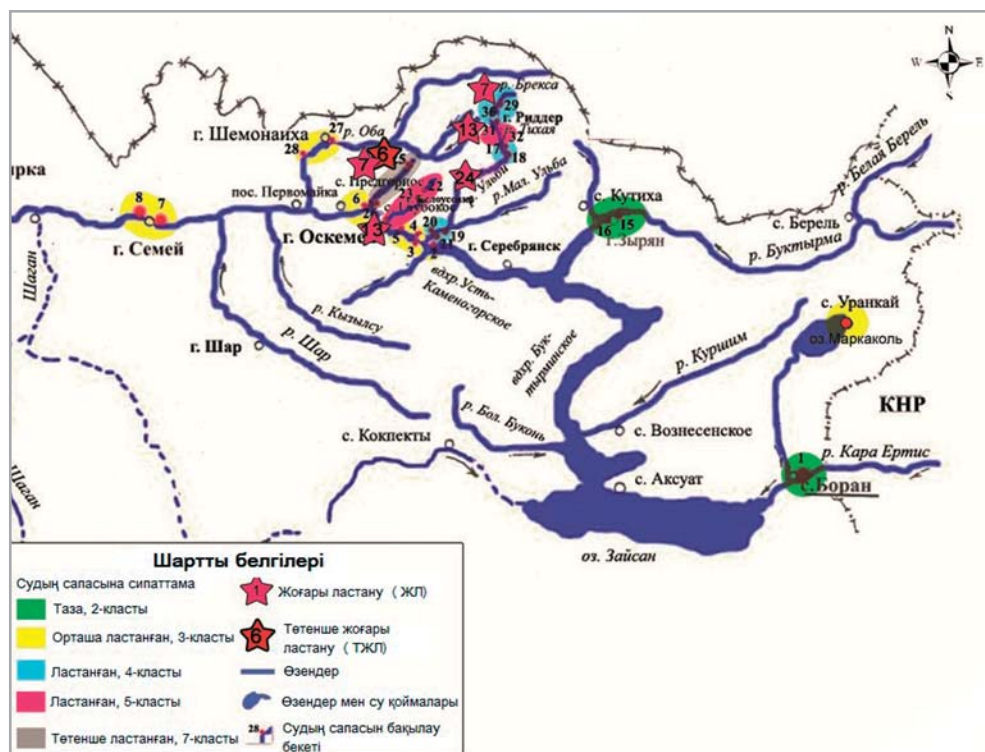


10-сурет. ШҚО қоршаған ортасының химиялық ластануының негізгі тұрақты көздерінің орналасуы

Ертіс өзенінің оң жақ ағыстары Зырян қорғасын, Риддерлік полиметалл, Өскемендік титан-магнийлі және қорғасын-мырыш, Ертіс полиметалл және химико-металлургиялық комбинаттары, Үлбі металлургия зауыты және басқалары өндірістік қалдықтармен ластанған. Сонымен қатар оң жақ жағалаудың ағыстарындағы жазықтықта

халық тығыз орналасқан, дамыған ауыл шаруашылықтарына ие. Ертіс өз. жекелеген оң жақ ағыстарында өндірістік ағындармен бірге максималды ластанған ағыстар құйылады. Үлбі өзеніне Брекса мен Тихая ағыстары құйылады, құрамында ауыр металдардың төтенше жоғары шоғырлануы орын алған [18]. Шығыс Қазақстан облысының жерүсті суларының сапасын сипаттау жоғарыдағы суретте келтірілген (11-сурет) [16].

Зерттелген барлық су нысандарының жалпы мөлшерінен, жерүсті суларының сапасы келесі түрде бағаланады: суы «таза» – Қара Ертіс, Ертіс (Павлодар), Бұқтырма, Аягөз өзендері, Бұқтырма және Өскемендік су қоймалары; «қалыпты ластанған» – Ертіс өзені (ШҚО), Оба, Емель, және Марқакөл көлі; «ластанған» – Брекса өзені, Үлбі, «лас» – Тихая, Глубочанка өзендері; «төтенше ластанған» – Красноярка өзені. Өскемен, Риддер, Глубокое аумақтарында жербеткі сулары көбірек ластанғаны байқалады [16].



11-с. Шығыс Қазақстан облысының беткі суларының сапасына сипаттама

Осылайша, химиялық ластанудың қуатты стационарлық көздері, сонымен қатар облыстың көбірек ластанған су көздері, кеңістік бойынша ШҚО ауру мен өлімнің жоғары көрсеткіштерінің деңгейі бақыланытын аудандарда орналасқанын айтуға болады (10-сурет). Сонымен қатар, облыстағы қоршаған ортаның ластануының жоғарғы көрсеткіштерін ескере отырып, өндірістік сектор адамдардың денсаулығының негізгі көрсеткішіне әсер ететін, негізгі факторлардың бірі болып табылады деп болжауға болады.

ҚОРЫТЫНДЫ

Тұрғындардың денсаулығының жағдайына қоршаған орта факторларының әсерін бағалай отыра, радиациялық және радиациялық емес факторлардың әрекеті үйлескен аудандарда шиеленіскен ахуалды байқауға болады. Сонымен бірге онкологиялық аурудың жоғары көрсеткіштері табиғи радиациялық аяның жоғары деңгейі орын алған аумақтарға тән.

Келтірілген деректер, облыстағы орын алған жағдайдың қалыптасуында табиғи радиоактивтіліктің рөлін жете бағаламау және жасанды радионуклидтердің пайдасына облыс аумағының радиациялық ластануының орын алған факторларының үлесін бағалауда субъективизмнің болуын көрсетеді.

Тұрғындардың денсаулығын қорғау бойынша тиімді шараларды әзірлеу және экологиялық ахуалды жан-жақты бағалау үшін, аймақтың тұрғындарының денсаулығының жай-күйіне қоршаған ортаның табиғи және техногенді радиациялық және радиациялық емес ластанудың нақты әсерін зерттеу әдіснамасына жүйелік тәсілді қолдану қажет.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. Биданова А. «Мәселені бірлесе шешу» // «Казахстанская правда» жалпыұлттық күнделікті газет <http://www.kazpravda.kz>.
2. Ахметова А. «Генетикалық геноцид. Семей полигонынан (Қазақстан) зардап шеккендер қоғамнан шеттетілуде» Экспресс-К 22.08.2003.
3. Зюзин С. «Семей ядролық полигоны» // Аймақтық тәуелсіз газет «Свободный курс» (Барнаул қ.), 27 тамыз 1998 жыл.
4. Қазақстан Республикасы Денсаулықсақтау министрлігі // Статистикалық жинақтардың материалдары «Қазақстан Республикасы халқының денсаулығы және 1990- 2010 жылдар аралығындағы денсаулықсақтау ұйымдарының қызметі». «Мединформ» компанияның ресми сайты. <http://medinfo.kz/>.
5. Тихомирова И.А. «Адамның денсаулығына әсер ететін факторлар» // Денсаулықтың физиологиялық негіздері/ 2007ж.
6. Бүкіләлемдік денсаулықсақтау ұйымының сайты. <http://www.who.int/ru/index.html>
7. ШҚО Денсаулықсақтау басқармасының медициналық статистика бюросы // 1996-2010 жылдар аралығында Шығыс Қазақстан облысы тұрғындарына медициналық қызмет көрсету (статистикалық материалдар).
8. Логачев В.А. /Семей полигоны: Ядролық сынақтардың жалпы және радиациялық қауіпсіздігін қамтамасыз ету /1997ж.
9. Логачев В.А. және бірл. авт. / КСРО-ғы ядролық сынақтар: полигондардың қазіргі радиоэкологиялық ахуалы / 2002ж. Б-102.
10. Василенко И.Я. Л.А. Булдаков «Қоршаған ортаның радиациялық ластануы және халықтың денсаулығы» //2004ж. Б. 22-25

11. Лукашенко С.Н., Стрильчук Ю.Г., Субботин С.Б., Осинцев А.Ю және басқ. // Семей сынақ полигоны. Қазіргі ахуалы / 2011ж. Б-32.
12. Каюков П.Г., Шишков И.А., Пасысаев В.А., Дубинчин П.П., Бобылев А.И. «2004-2008жж. «Радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету» 011 Мемлекеттік бюджеттік бағдарламасын орындау нәтижелері бойынша Қазақстан Республикасы аумағындағы радиациялық ахуалы» // ҚР ҰЯО Жаршысы №1. 2011ж. Б. 88-94.
13. Панин М.С. «Болашақтың кейбір радиоэкологиялық мәселелері туралы» // ҚР ҰЯО Жаршысы №1.2011ж. Б 98-106.
14. Беркинбаев Г.Д., Федоров Г.В., Бенсман В.А., Федоров Е.В. «Қазақстан Республикасы аумағының радонқауіптілігін зерттеудің өзекті мәселелері» // 8-ші Халықаралық конференция «Ядролық және радиациялық физика» 2011 жыл.
15. Ақпараттық бюллетень N291. Бүкіләлемдік денсаулықсақтау ұйымы.
16. Қазақстан Республикасы Қоршаған ортаны қорғау министрлігі «Казгидромет» РИК. Экологиялық мониторинг департаменті // Ақпараттық бюллетень «Қазақстан Республикасының қоршаған ортасының жағдайы туралы» 2010 жыл. Б. 100-114.
17. Қазақстан Республикасының Статистика жөніндегі агенттігі [www. stat.kz](http://www.stat.kz)
18. Панин М.С. «Қазақстан экологиясы» //2005ж. Б. 48.

К ВОПРОСУ О ПРИЧИНАХ ВЫСОКОЙ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ И СМЕРТНОСТИ В ВОСТОЧНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ

**¹ Мещерякова А.В., ¹ Галич Б.В., ¹ Лукашенко С.Н.,
¹ Яковенко Ю.Ю., ² Федоров Г.В., ³Кучина Е.Б.**

**¹Институт радиационной безопасности и экологии НЯЦ РК,
Курчатов, Казахстан**

²АО «Волковгеология», Казахстан

³ Государственный медицинский университет города Семей, Семей, Казахстан

В статье делается попытки выявления зависимости между основными показателями, характеризующими состояние здоровья населения Восточно-Казахстанской области, и ведущими факторами загрязнения окружающей среды (ОС) региона. Обращено внимание на стабильно повышенные, за продолжительный временной период, уровни смертности, общей и онкологической заболеваемости, на радиационные и химические факторы загрязнения отдельных территорий области. Наиболее напряженная ситуация, связанная со здоровьем населения, наблюдается в районах, имеющих сочетанный тип загрязнения ОС.

Ключевые слова: факторы окружающей среды, естественные радионуклиды, искусственные радионуклиды, демографическая обстановка, показатель смертности, злокачественные новообразования, ССП, стационарные источники загрязнения.

THE CAUSES OF MORBIDITY AND MORTALITY IN EAST KAZAKHSTAN REGION

**¹ A.V.Meshcheryakova, ¹ B.V.Galich, ¹ S.N.Lukashenko,
¹ Yu.Yu.Yakovenko, ² G.V.Fedorov, ³ E.B.Kuchina**

¹Institute of Radiation Safety and Ecology NNC RK, Kurchatov, Kazakhstan

² JSC "Volkovgeologia", Kazakhstan

³State Medical University of Semey, Semey, Kazakhstan

This paper attempts to identify the relationship between the main indicators of the population health in East Kazakhstan Region and the main factors of environmental pollution in the Region. Attention is given to a steady increase, over a long time period, of mortality rates, general and oncological diseases, to radiation and chemical pollution factors of individual territories in the Region. The tensest situation, relating to the population health, is observed in areas with a combination type of environmental pollution.

Keywords: environmental factors, natural radionuclides, artificial radionuclides, demographic situation, mortality rate, malignant neoplasms, STS, stationary pollution source.

УДК 614.876: 504.064:539.16

**БҰРЫНҒЫ «ЗВЕЗДА» ГИДРОМЕТАЛУРГИЯЛЫҚ ЗАУЫТЫНЫҢ
АУМАҒЫН РЕКУЛЬТИВАЦИЯЛАУ ШАРАЛАРЫН БАҒАЛАУ,
ЕЛЕШНИЦА А., БОЛГАРИЯ**

¹Иванова Кремена Георгиева, ²Ягова Атанаска Христова

*¹Радиобиология және радиациялық қорғанудың ұлттық орталығы,
Св. Георги Софийски к-сі 3, София, Болгария*

*²Ядролық зерттеулердің біріктірілген институты,
141980, Мәскеу облысы, Дубна, Ресей*

1965-1992 жж. аралығында Болгария аумағындағы Елешница а. «Звезда» гидрометалургиялық зауытының түрлі кенорындарының уран рудаларын қайта өңдеу жұмыстары өткізілді. Бұл зауыт аумағы мен жұмыс алаңдарының едәуір дәрежеде радиоактивті ластануына алып келді. Бұрынғы уранды өндіру және уранды қайтаөңдеу өнеркәсіптерінің қоршаған ортасын экологиялық реабилитациялау (айықтыру) қажеттілігі туындады. Ол үш кезең бойында іске асты (техникалық ликвидация (жою), техникалық және биологиялық рекультивация (қалпына келтіру)).

Жерлерді рекультивациялау кезінде техникалық шараларды бағалау мақсатында зауыттың аумағында радиологиялық зерттеулер жүргізілді.

Зауыттың аумағында рекультивациялау өткізілгенге дейін және кейін гамма-сәуле шығару дозасының қуатын өлшеу радиациялық индикатор ретінде қолданды, сонымен қатар қалпына келтіру жұмыстарына дейін топырақта радий-226 шоғырлануын талдамасы қолданылды.

Техникалық және биологиялық рекультивация келесі жолдармен жүргізілді: беткі суларды алып тастауға арналған гидротехникалық құрылғылардың құрылысы, радиоактивті емес катпардан алып жердің беткі қабатын жабу, қажетті деген өсімдік түрлерін отырғызу, газонды бірнеше рет қырку. Нәтижесінде гамма-сәуле шығару дозасының қуаты 2000 nGy/h-ден 700 nGy/h-ге дейін төмендеді.

Рекультивациялық шараларды іске асыра отырып, орман қорын шектелген түрде пайдалану үшін барлық критерийлер орындалды. Рекультивациялаудың әсерінен болуы мүмкін сәтсіздіктерді бақылау үшін зауыттың аумағын мониторингілеу жұмыстарын жалғастыру қажет.

КІРІСПЕ

Болгарияда уран рудаларын өндіру және қайта өңдеу жұмыстары 1950 жылдан бастап 90-шы жылдардың аралығындағы кезеңде дамыды. 1966 жылдары Елешница ауылында екінші зауыт салынды, ол жерде Оңтүстік Болгариядан әкелінген руда қайта өңдеуден өтті. Аталған зауыт заманауи болғанымен, ол жерде – сары кек, Бухово

*Перевод на русский язык Самойлов И.В.

қ. кептіріліп, үгітіліп және қапталатын соңғы өнім ретінде шығарылмайтын. «Звезда» зауытында Елешница кенорнынан әкелінген руда ғана өңделген жоқ, сонымен қатар «Доспат», «Селище», «Смолян» және басқа кенорындарының рудалары да өңдеуден өткізілді. Зауытта гидрометаллургиялық өңдеуге арналған түрлі технологиялық сұлбалар қолданылды. Бұл зауыттың ластануына алып келді, ал желдеткіш арқылы – қоршаған ортаның да ластануын тудырды [1, 2, 3, 4].

Болгария Республикасындағы уран рудасын өндіру және қайта өңдеу жұмыстары Болгария Республикасы Министрлер Кеңесінің үш қосымша актілер: уранды өндіру бойынша қызметті тоқтату жайлы 1992 жылғы 20 тамыздағы № 163 Министрлер Кеңесінің қаулысы (МКК) [5], уран шикізатын өндіру және қайта өңдеу жұмыстарының қызметін кезең-кезеңмен тоқтату және зардаптарын жою туралы 1994 жылғы 29 наурыздағы №56 МКК [6], уран шикізатын өндіру және қайта өңдеу жұмыстарының зардабын жою туралы 1998 жылғы 27 наурыздағы №74 МКК [7] негізінде тоқтатылған болатын.

Болгария Республикасындағы уран шикізатын өндіру және қайта өңдеу жұмыстарының зардаптарын жою туралы 1998 жылғы 27 наурыздағы №74 МКК қарастырылған шараларға, техникалық жою, техникалық және биологиялық тазалау, уранмен ластанған шахта суларын тазалау, уранды өндіру салдарынан зардап шеккен аймақтардағы қоршаған ортаға мониторинг жасау секілді шаралар енді [7].

«Звезда» зауыты елеулі дәрежеде қираған болатын, сонымен қатар «регенерацияға арналған қондырғы» деп аталатын катионалмаспалы шайырлардан уранның регенерациясын іске асыратын бір секциядан басқа жерде техникалық және биологиялық рекультивация жұмыстары тоқтатылған болатын.

Аталған зерттеудің мақсаты, Елешница ауылындағы бұрынғы «Звезда» зауытының аумағында қалпына келтіру шараларын бағалау болатын.

1. ТЕЛІМДІ СУРЕТТЕУ

Бұрынғы «Звезда» қайта өңдеу зауыты Елешница ауылына жақын Родопи тауының аумағында орналасқан (1-сурет). Елешница ауылы Златарица өзенінің жағасында төменгі ағыс бойымен орналасқан. Златарица өзені Елешница ауылына жақын ағып өтетін Места өзеніне құяды. Ауыл қатысты түрде үлкен, 300км² аумақты алып жатыр, алайда негізінен таулы және дөңді жер деп сипатталады.

Бұған дейінгі уақытта, тұрғындардың саны өндірістік қызметтің есебінен едәуір көп болатын. Қазіргі уақытта ауылда шамамен 1500 тұрғын бар.

Елешница ауылы мен оған жақын жерлерде тау-кен қызметі кеніштерде, карьерлерде жүргізілді, сонымен қатар екі рет жерасты сілтілендіру әрекеті жасалды. 1994 жылы Елешница ауылы мен оған жақын жерлерде экологиялық ахуал күрделі болатын, алайда «қоршаған ортаға күрделі әсер ететін телімі бар» аудан болып есептелді [2]. Тау-кендер мен зауыттар тұрғын ауданға жақын жатып ауылға шекаралас болғандықтан, радиоактивті және химиялық ластанулар топырақасты және беткі қабаттағы суларға, ауылшаруашылығы жайылымдарына, жолдарға және тұрғын бөлмежайларға тарады.



1-Сурет. Жергілікті жердің картасы

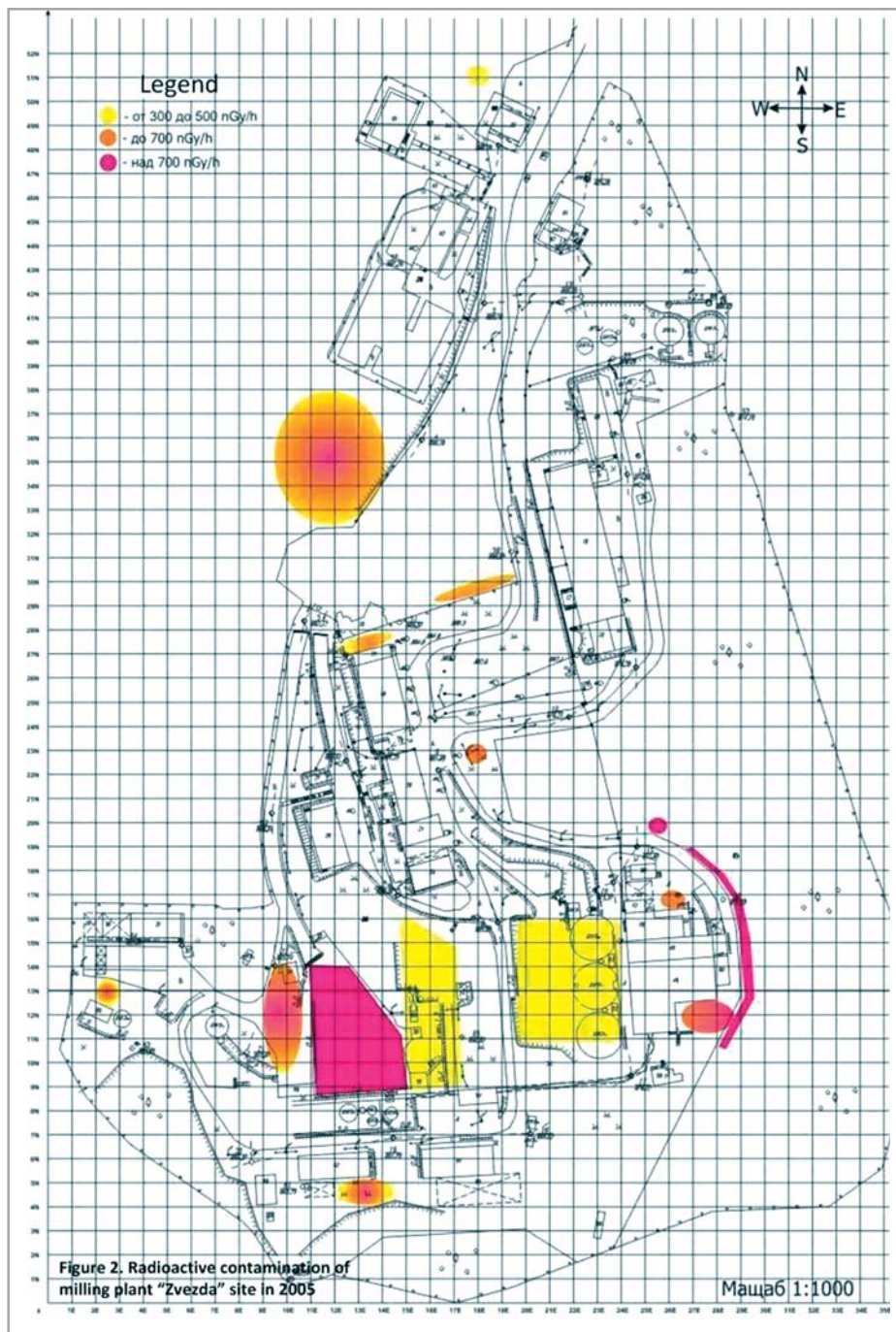
Бұрынғы қайта өңдеу зауытының негізгі қызметі келесі нысандарда жинақталған: рудаларды сақтау, реагентті секция, ірі кесектер секциясы, ұсақ кесектер секциясы, ұсақтауға арналған станок, қоюлатқыштар, басты гидрометаллургиялық секциялар – сіңіргіштікті алу үшін, ионалмаспалы шайырлардың регенерациясы үшін, экстракция үшін және дайын өнім үшін. Өндірістік бөлмежайлардың үлкен бөлігі радионуклидтермен ластанған болатын. Радиоактивті шаң кейбір құрылыс құрылғыларының жарылған бетон іргетасына еніп кеткен, сол себептен алынып тасталуы немесе тазалануы мүмкін емес. «Звезда» зауытының барлық өндірістік аймағы уран рудасының және оны гидрометаллургиялық қайта өңдеу өнімдерінің қалдықтарымен ластанған[3].

Елешницада жалпы аумағы $153 \times 10^3 \text{ м}^2$ және көлемі $1747 \times 10^3 \text{ м}^3$ жиынтық белсенділігі $26,5 \times 10^{13} \text{ Бк}$ бос жыныс орнының 43 үйіндісі бар. «Звезда» зауытының артқы бөліктерді сақтайтын қоймасының аумағы шамамен 42га құрайды, қалдықтардың жалпы көлемі 4800 м^3 және жалпы белсенділігі $14,9 \times 10^{14} \text{ Бк}$ [4]. Зауыттың жалпы аумағы шамамен $50\,000 \text{ м}^2$ құрайды.

2. ТАРИХИ ДЕРЕКТЕР

Елешницадағы «Звезда» зауытын жою жұмыстары қоршаған ортаның ластануын төмендету мақсатында 2004 жылы жүргізілген болатын. Оның барысында келесі шаралар іске асырылды:

- машиналарды, жабдықтарды және қондырғыларды демонтаждау;
- құрылыстық металл құрылғыларды алып тастау;



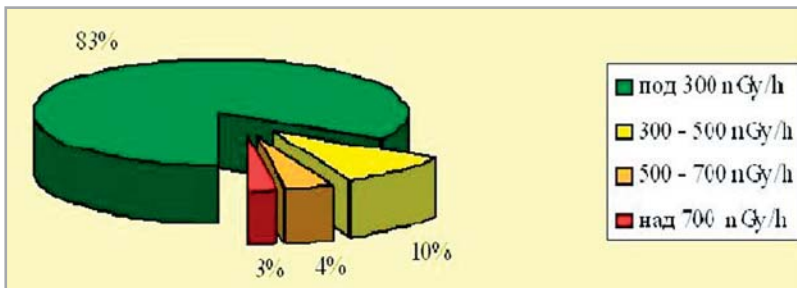
2-Сурет. «Звезда» зауытының аумағының радиоактивті ластануы. 2005 ж.

- радиоактивті ластануы себепті басқа қызмет түрлерін жүргізу үшін пайдалану мүмкін емес 4 ғимаратты жару жолдары арқылы бұзу. Ғимараттар сүрілмей тұрып, кірпіш қабырғалар алынды, ғимараттар жуылды, аталған телімдерде радиоактивті шаңның таралуын болдырмау үшін суы бар пластик пакеттер орналастырылды;
- қолмен демонтаждау, технологиялық жабдықтар мен оның бөлшектерін, жұмыс алаңын және құбыр өткізгіштің металл корпустарын газ-доғалы кесу;
- аздау ластанған жабдықты радиоактивтіліктен дезактивациялау (тазалау);
- ластанбаған ғимараттар мен жол жамылғыларын қайта қалпына келтіру.

Техникакалық жою жерлерді қалпына келтіруге және радиоактивті ластанған металды және құрылыс қалдықтарын кәдеге жаратуға оң әсер етті.

Зауыттың аумағында 2005 жылы радиоактивті ластануды бағалау мақсатында түгендеу жұмыстары жүргізілді. Өткізілген өлшеулер техникалық және биологиялық рекультивация жобалары үшін негіз болып табылды.

Гамма-сәуле шығару дозасының қуатын дүркін-дүркін өлшеу жұмыстары торша бойымен, 10 м қадаммен өлшеу арқылы жүргізілді [5]. Өлшеу желісі солтүстік-шығысқа бағытталды (2-сурет). Нүктелерді (х, у) координаттармен позицияландырған соң детекторды жерге 1 м аралықта бағыттады және гамма-сәуле шығару дозасының қуатын өлшеу жұмыстары жүргізілді [8]. Жұмыс нәтижелерінен, «Звезда» зауытының аумағындағы гамма-сәуле шығару дозасының қуатының орташа мәні 280 нГр/ч құрайтынын байқадық [9]. Бұл орташа көрсеткішке жоғары радиоактивті ластанған телімдердегі гамма-сәуле шығару дозасының қуатының өлшеу нәтижелері енбейді. Зауыттың өнеркәсіптік алаңындағы аясы қатысты түрде жоғары болып табылады, алайда бұл осындай қызметпен айналысатын нысандардың аясының диапазонымен салыстырмалы күйде. Уран рудасын өндіру, тасымалдау және байыту процестері арқылы беткі қабатқа алып шығу осы аумақтағы гамма-аяның жасанды түрде ұлғаюына себепші болды.



3-Сурет. «Звезда» зауытының аумағында түрлі деңгейде алаңдық ластанудың пайыздық таралуы

Жоғарыдағы 2-суретте, барлық өлшеу нүктелері мен радиоактивті ластанған дақтардың орналасқан жерлері кесте түрінде көрсетілген. Нәтижелер гамма-сәуле шығару дозасы қуатының мәніне байланысты үш топқа топтастырылған: 300 бастап 500 нГр/ч; 500 бастап 700 нГр/ч және 700 нГр/ч-тен жоғары. «Руданы сақтауға арналған» телім көбірек ластанған. Гамма-сәуле шығару дозасының қуаты 650 бастап

2100 нГр/м² ішкі аралықта құбылды. «Руданы сақтауға арналған» телімнен кешенді үлгілер алынды. Үлгі гамма-спектрометрдің көмегімен өлшенді. ^{226}Ra шоғырлануы 1560 Бк/кг құрады [9].

Зауыттың аумағындағы ластанудың пайыздық таралуы төмендегі 3-суретте келтірілген. «Звезда» зауыты аумағының көп бөлігі радиоактивті ластанбаған болатын. Радиациялық параметрлердің жоғары деңгейі руда материалдарына тікелей жақын орналасқан нысандарда тіркелген болатын. Аумақтан анықталған радиоактивті ластанған дақтар, болжаммен руданың шашырауы нәтижесінен пайда болуы мүмкін.

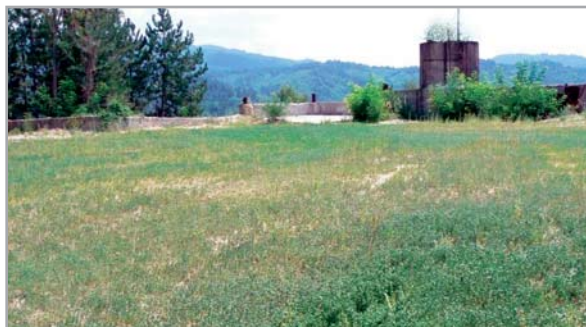
3. РЕМЕДИАЦИЯЛЫҚ ШАРАЛАР

Техникалық ремедиация зауыттың аумағында ластанған телімдерде жүргізілді, келесі сатыларды қоса алғанда:

- тік жобаландыру және бұталар мен ағаштарды отау.
- Төмендегі 4-суретте техникалық ремедиация кезіндегі «Звезда» зауытының суреті көрсетілген.



4-Сурет. Техникалық ремедиация



5-Сурет. Биологиялық ремедиация

- Радиоактивті емес топырақты (сазды) қабатпен жабу – гамма-сәуле шығару дозасының қуатын өлшеу және қатпардың қабатын есептеу формула бойынша жүргізілді (1):

$H=N_0 \cdot \dots$ Ластану дәрежесіне байланысты қалыңдығы әртүрлі оқшаулау қабаттары қолданылды. Зауыттың аумағын ремедиациялау үшін оқшаулағыш сазды қабатты есептеуден байқағанмыз, қатпардың $2,2 \text{ г/см}^3$ тығыздығы барысында қалыңдығы 30 см құрады. Аумақта орналастырылған оқшаулағыш қатпар – бұл саз.

- Беткі қабаттың суларын кептіру арқылы тазалау.

Төмендегі 4-суретте «Звезда» техникалық ремедиация кезіндегі зауыттың телімі көрсетілген.

Келесі кезең биологиялық тазалау болып табылды. Биологиялық ремедиациялау кезінде аталған аумаққа ыңғайлы өсімдіктердің түрлері отырғызылған болатын. Жоғарыда көрсетілген 5-суретте, биологиялық ремедиациядан кейінгі руданы сақтайтын қойманың көрінісі берілген.

Ремедиация – орын алған әрекеттерді төмендетуге бағытталған, ұзақ мерзімде әрекет етуі ықтимал, болашақта болуы мүмкін [7] шаралар кешені немесе келесілер: (а) сәулеленуге ұшыраған жеке тұлғалар немесе топтағы тұлғалар үшін дозаны төмендету, (б) жеке тұлғалар немесе топтағы тұлғалар үшін болашақта пайда болуы мүмкін дозалардың алдын алу, (в) ластанған аумақта орын алған радионуклидтерден қоршаған ортаға әсер етудің алдын алу немесе төмендету секілді шаралар [10].

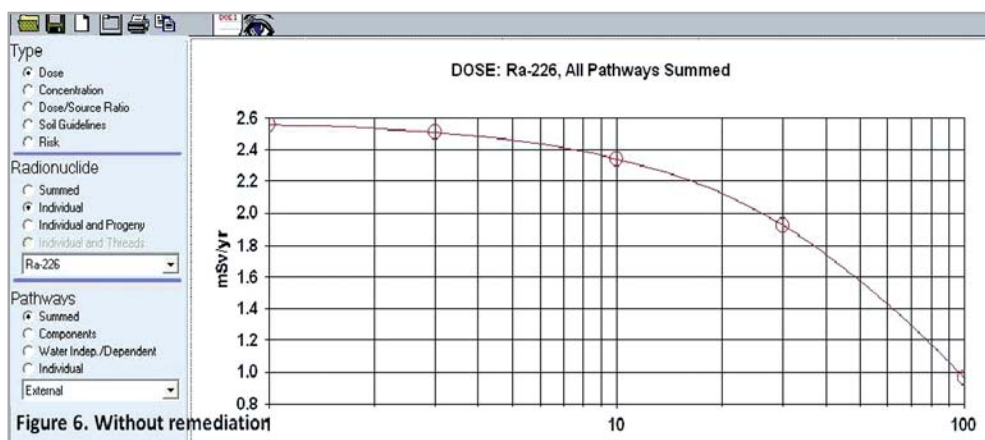
4. РЕМЕДИАЦИЯЛЫҚ ӘРЕКЕТТЕРДІ БАҒАЛАУ

Ремедиацияны бағалаудың екі негізгі тәсілі орын алған – қатерлерді бағалау негізінде және жобалауды бағалау негізіндегі тәсілдер [11]. Қатерлерді бағалау негізіндегі тәсілді пайдалану аталған сәйкестік нүктесіндегі гипотезалық реакцияға дейінгі есептеуге негізделген. Жобалауды бағалау негізіндегі тәсілдерді бағалау инженерлік жобалау ерекшеліктеріне сәйкес негізделген. Аталған жұмыста рекультивация бойынша шараларды бағалау үшін қатерлерді бағалау негізіндегі тәсіл қолданылды. Бағалау жұмыстары аумаққа ағымдағы әсерін және болашақта қалпына келтіру шараларымен және олардың әсер етуін анықтау мақсатында жүргізілді. Бағалау жұмыстарының жалпы тәсілі қарапайым, жан-жақты бағалау – скрининг-бағалау тәсілдерінен басталды. Скрининг-бағалаудың мақсаты, қауіптілігі төмен деңгейдегі аумақтарды ары қарай әрдайым бақылау жасаудан алып тастау болып табылады. Скринингтік бақылау консервативті үлгіні пайдалана отырып іске асырылды, ол негізгі ерекшеліктер мен сәулелендіру жолдарын имитациялайды. Компьютерлік үлгі RESRAD (жергілікті) дозаларды бағалау үшін пайдаланылды.

RESRAD – бұл бағдарламалық қамтамасыздандыру, АҚШ Энергетика министрілігі үшін Аргон ұлттық зертханасында радиоактивті ластанған телімде тұрақты өмір сүру жағдайында онкоаурулардың қатері мен сәулелену дозасын есептеу үшін әзірленген [12]. Бұл алғашқы сериялық кодтар, RESRAD кодтарының «топтамасы» деп аталады. Негізгі код RESRAD басқа RESRAD кодтарының «топтамасынан» – RESRAD (жергілікті) код атауы бойынша ерекшеленеді. RESRAD құрамына беткі қабатқа, қоқыстарға жақын жерлерге – скрининг немесе жіті бағалау өткізілген жерде, биотаның дозасын бағалау, құрылыстардың әсері, химиялық әсер ету және т.б. қатты қалдықтар көму үшін пайдаланылуы мүмкін үлгілер енеді. Ол аймақтық геометрия аумағында шектелген көзге ие және алыстатылған әсер етуді болжау үшін қолданылмайды. Бұл шектеуге қарамастан, үлгі өте пайдалы, себебі ол әсер ету телімінен тыс жерлерге консерва-

тивті бағалау өткізу үшін пайдаланылуы мүмкін. Үлгі нуклидтердің кең спекторымен жұмыс жасайды, сонымен қатар пайдаланушыларға, өзінің негізгі радионуклидімен тепе-теңдікте ұзақ өмір сүрмейтін еншілес өнімдерді теру үшін жартылай ыдыраудың қиылуын өзгертуге мүмкіндік береді. Жалпы алғанда, RESRAD (жергілікті) кодында әсер етудің негізгі тоғыз жолы қарастырылады: ластанған топырақтан сыртқы сәуле шығарудың тура әсері; ауада орын алған радионуклидтердің ингаляциясынан ішкі әсер етуі; радонның ыдырау өнімдерімен тыныстаудан ішкі сәулелену; келесілерді: ластанған топырақта өсірілген және ластанған сумен суғарылған өсімдік өнімдері; ластанған жемшөппен жемдеп және ластанған сумен суғарылған малдың еті мен сүті; ластанған құдықтар мен тоғандардан алынған ауызсулар; ластанған тоғаннан ауланған балықтар; ластанған топырақтарды тұтыну нәтижесінде ішкі сәулелену. Біз есептеудің екі жолын ғана— топырақтың ластануынан сыртқы сәуле шығарудың тікелей әсер етуін; ауадағы орын алған радионуклидтердің ингаляциясынан ішкі әсер етуін пайдаландық. Есептеулерде «Руданы сақтауға арналған қоймадан» алынған кешенді үлгідегі радий-226 шоғырлануы пайдаланылды.

Төмендегі 6-суретте 100 жылға есептік дозаның кестесі көрсетілген және әсер етудің барлық жолдары жинақталған. Есептік доза – заңмен бекітілген дозадан 1 мЗв/жылға жоғары. 100 жылдан соң доза рауалы мәнге дейін төмендейді [13].



7-Сурет. 100 жыл  медиацияны есепке ала отырып жасалған ^{226}Ra  есетін есептік дозаның кестесі

Доза жол шарттар бойынша есептелді, алайда зауыттың ластанған телімдері 30 см таза саз қабатымен жабылғаны ескерілді. Төмендегі 7-суретте ремедиациялық шараларды бағалау кестесі келтірілген. Доза 0,016мЗв/жыл дейін төмендетілген.

Бағалау қалпына келтіру жұмыстарынан кейінгі дозаның төмендеуін көрсетеді. Ремедиациялық қызмет шеңберінде ластану көзі жерде қалатынын ескеру керек, және жерлерді пайдалану шектелуі тиіс. Бұл бағалау консервативті болып табылады және әсер етудің мүмкін деген жолдарын қамтиды, алайда ол қалпына келтіру жұмыстарын

өткізу барысында шешімдерді қабылдау үшін пайдалы. Аумақта ластану көзі қалғандықтан, түзілген еншілес радионуклидтердің, негізгі радионуклидтердің ыдырауын, сонымен қатар қатты фазадағы сорбция/десорбцияның кідіруін қарастыру үшін жерасты суларын тасымалдау үлгісі пайдаланылуы тиіс.

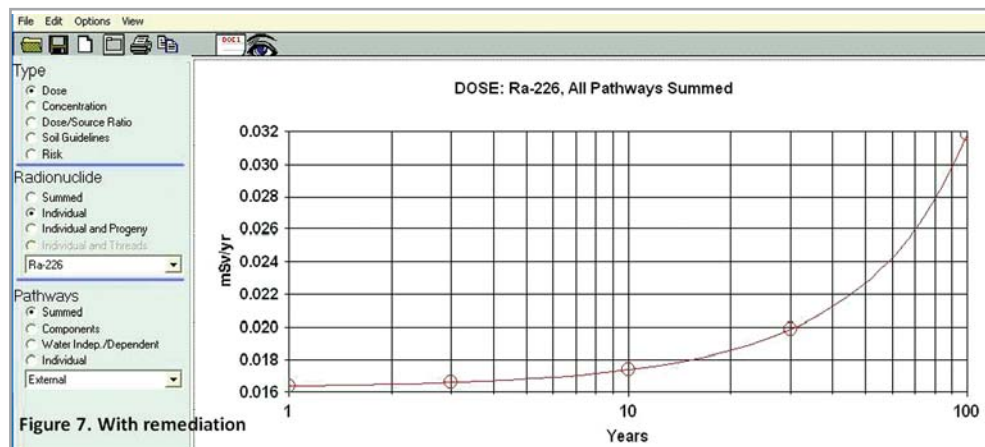


Рисунок 7. График расчетной дозы от ^{226}Ra на  лет с учетом проведенной ремедиации

5. РЕМЕДИАЦИЯЛЫҚ ШАРАЛАРДЫ ТЕКСЕРУ

Ремедиациялық шараларды верификациялау қолданыстағы нормативті құжаттарға сәйкес жүргізілді. Верификацияның құрамына әдетте жұмыс нәтижелерін бағалау жұмыстары кіреді. Нәтижелікті бағалау сонымен қатар ремедиациялау шараларын оңтайландыруға арналған құрал-аспаптардан тұрады және операциялық процедуралар мен басқару жүйесінде, жобадағы олқылықтарды анықтайды. Болашақ зерттеулер мен даму басымдылықтары жобадағы немесе жүйедегі олқылықтар негізінде анықталуы мүмкін. Қызметтің тиімділігін бағалау үшін қабылданған нақты тәсіл, аумақтық-ерекшелікті параметрлердің, концептуалды жеткізу нүктесіне, сонымен қатар лицензиялау органдарының мүмкін деген талаптарына байланысты болады. Қызметтің тиімділігін бағалау концепциясы радиоактивті қалдықтарды көму контекстінде мұқият әзірленген болатын.

Болгариядағы уранды өндіру алаңына қалпына келтіру Ремедиациялық шараларды қалпына келтіру бойынша критерийлерге сәйкес жүргізіледі, олар Болгариядағы уран өндіруші өнеркәсіптің салдарын жою барысында радиациялық қорғаныс пен қауіпсіздік деңгейін бақылау жайлы ережемен реттеледі (St.G. № 1, 1999) [14].

Аумақтарды қайта пайдалану үшін шектеу

Пайдалану тәсілі	гамма-сәуле шығару дозасы [нГр/ч]	Ra-226 белсенділігі [Бк/кг]
Қалпына келтірілмейтін	300 дейін	200 дейін
Жасыл аумақ үшін ашық бала бақшаларынсыз	300 дейін	200 дейін
Көгалдандырылған қалпына келтірілген жыныстық үйінділер мен артқы бөліктерді сақтау қоймасы және ормандар үшін	700 дейін	1000 дейін
Ауылшаруашылығына арналған мақсатта	500 дейін	600 дейін
Әрбір жағдай үшін биліктің құзыретті шешімі	700 аса	1000 аса

Радиациялық қорғау және қауіпсіздіктің бақылаудағы деңгейі тұрғындарға арналған тиімді дозаның – 1мЗв/жыл шегін сақтауды қамтамасыз етеді [14]. Аумақтарды қайта пайдалануды шектеу төмендегі 1-Кестеде келтірілген. Ғимараттарды қайта пайдалану шегі төмендегі 2-кестеде келтірілген.

Ғимараттарды қайта пайдалану үшін шектеу

Пайдалану тәсілі	гамма-сәуле шығару дозасы [нГр/ч]	Ra-226 белсенділігі [Бк/кг]	Rn-222 ішкі көлемді шоғырлануы [Бк/м³]
Жаңа ғимараттар	300 дейін	200 дейін	200 дейін
Ғимаратты шектеусіз қайта пайдалану	300 дейін	200 дейін	400 дейін
Қоймалар үшін	500 дейін	600 дейін	600 дейін
Әрбір жағдай үшін биліктің құзыретті шешімі	500 аса	600 аса	600 аса

Радиологиялық зерттеулер қайта өңдеу зауытының аумағында ремедиациялық шаралар аяқталған соң жүргізілді. Қоршаған ортадағы радиациялық параметрлерді өлшеу, оларды аумақты қайта пайдалануды шектеу жайлы Ережемен салыстыру жұмыстары жүргізілді. Зауыттың жері тоғыз бөлікке бөлінді, ол жерлерде қалпына келтіру жұмыстары жасалды. Осы телімдерде ашық ауаның жербеткі қабатында радонның шоғырлануы мен гамма-сәуле шығару дозасының қуаты өлшенген болатын. Гамма-сәуле шығару дозасының қуатын өлшеу үшін RADOS RDS 110 далалық дозиметрлері пайдаланылды. Радонның шоғырлануы AlphaGourd көмегімен тура өлшеу жолымен өлшенді. Төмендегі 3-кестеде «Рудаға арналған қойма» телімінде өлшеу нәтижелері келтірілген. Нәтижелерден, қалпына келтіру бойынша барлық критерийлер орындалғанын көрдік. Гамма-сәуле шығару дозасының қуаты 2100-ден 500-ге дейін төмендеді [нГр/ч].

3-Кесте.

«Рудаға арналған қойма» бойынша нәтижелер

гамма-сәуле шығарушы доза [нГр/ч]	радонның шоғырлануы [Бк/м ³]
300 – 500	30 ± 4

Уран өнеркәсібінің салдарын жою кезінде радиациялық қорғау және қауіпсіздік деңгейін бақылау туралы Ережеге сәйкес Болгариядағы «Звезда» зауытының аумағы (гамма-сәуле шығару дозасының параметрлері 700 нГр/ч-тің ішінде орын алған) қалпына келтіру жұмыстары жүргізілген аумақтарда жаңа ғимараттардың құрылысын салуды шектеумен, оны қайта пайдалануда тек қана көгалдандыру және ағаш отырғызу үшін ғана пайдалануға сәйкестендірілді [14].

ҚОРЫТЫНДЫ

- Орманды рауалы пайдалану бойынша критерийлер орындалды (700 нГр/ч).
- Зауыттың қалпына келтірілген аумағы жаңа ғимараттар құрылысын салу үшін пайдалануға келмейді.
- «Звезда» зауытының аумағына мониторинг және бақылау жұмыстарын жасауды жалғастыру қажет.
- Радиоактивті материалдардың күтілген қозғалысын түсінуді қамтамасыз ету мақсатында аумақтың концептуалды үлгісі әзірленуі тиіс.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. Dimitrov, M. and Vapirev, E.I. 1994. Uranium industry in Bulgaria and environment: problems and specific features of the period of technical close-out and remediation of the negative consequences In: IAEA TECDOC-865. Planning for environmental restoration of radioactively contaminated sites in central and eastern Europe. Volume 2: Planning for environmental restoration of contaminated sites. Proceedings of a workshop held within the Technical Co-operation Project on environmental restoration in Central and Eastern Europe in Piestany, Slovakia, 11-15 April 1994. p.51-59.
2. European Commission. 2010. Uranium Sites. Environmental Radioactivity and Discharge Monitoring. Bulgaria. Technical Report BG-09/07. Verifications under the terms of Article 35 of the Euratom Treaty. European Commission, Directorate-General for Energy, Directorate D-Nuclear Energy Radiation Protection. 60p.
3. IAEA-TECDOC-1088. 1999. Technical options for the remediation of contaminated groundwater. Annex VI: Radioactively contaminated land areas and waters in Bulgaria, p. 105-109.
4. Simov, S.D. 1989. Uranium Exploration in Bulgaria – a review. IAEA TECDOC-597. Assessment of uranium resources and supply. Proceedings of the

- technical committee meeting held in Vienna 29 August – 1 September 1989. P. 41-48.
5. Decree № 163 of the Council of Ministers of August 20, 1992 termination of mining and milling industry – The official gazette from 1992.
 6. Decree № 56 of the Council of Ministers of 29 March 1994 on the phasing of activities and liquidation of consequences of mining and processing of uranium material – The official gazette № 28 / 1994.
 7. Decree № 74 of the Council of Ministers of 27 March 1998 on eliminating the consequences of the mining and processing of uranium ores – The official gazette № 39 / 1998.
 8. Environmental Implementation Guide for Radiological Survey Procedures, U.S. Department of Energy, Washington, D.C. 20581, February 1997.
 9. Radioecological Status of the Hydrometallurgical Plant area after Technical liquidation (Plan “Zvezda” s. Елешница) – К. Ivanova, М. Periklieva, I. Karaivanova, Electronic-multitopical Journal of international research publications – 2005, ISBN 954 9368 07 6.
 10. Safety standards series WS-R-3 “Remediation of areas contaminated by past activities and accidents”, Vienna, International Atomic Energy Agency, 2003. ISSN 1020–525X.
 11. IAEA-TECDOC-1403. “The long term stabilization of uranium mill tailings”, Vienna, International Atomic Energy Agency, ISBN 92–0–108904–X.
 12. Yu, C., Zielen, A.J., Cheng, J.-J., LePoire, D.J., Gnanapragasam, E., Kamboj, S., Arnish, J., Wallo, A. III, Williams, W.A., Peterson, H. User’s manual for RESRAD version 6. Environmental Assessment Division; Argonne National Laboratory, Argonne, Illinois 60439; July 2001.
 13. Regulation on basic norms of Radiation Protection – The official gazette № 73 / 2004.
 14. Regulation on standards for radiation protection and safety in eliminating the consequences of the uranium industry in Bulgaria – The official gazette № 101 / 1999.

ОЦЕНКА РЕКУЛЬТИВАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ НА ТЕРРИТОРИИ БЫВШЕГО ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ЗАВОДА «ЗВЕЗДА» С. ЕЛЕШНИЦА, БОЛГАРИЯ *

¹Иванова К. Г., ²Ягова А. Х.

**¹Национальный центр радиобиологии и радиационной защиты,
ул.Св. Георги Софийски 3, София, Болгария**

**²Объединенный институт ядерных исследований,
141980 Московская область, Дубна, Россия**

Перерабатывающий завод «Звезда» с. Елешница перерабатывал урановую руду разных месторождений в период с 1965 г. по 1992 г. Это привело к значительному радиоактивному загрязнению рабочих площадок и территории завода. Возникла необходимость экологической реабилитации окружающей среды на местах бывшей добычи урана и в урано-перерабатывающей промышленности, которая осуществлялась в три этапа – техническая ликвидация, техническая и биологическая рекультивации. Для оценки ремедиационных работ на территории перерабатывающего завода был проведен ряд радиологических обследований.

В качестве радиационного показателя использовали мощность дозы гамма-излучения до и после рекультивации на территории завода, а также концентрацию радия-226 в почве до восстановительных работ.

Техническая и биологическая рекультивации были проведены путем: перепрофилирования территории и вырубки кустарников и деревьев; строительства гидротехнических сооружений для удаления поверхностных вод; покрытия поверхности земли нерадиоактивным слоем грунта и посадки соответствующих видов растений. В результате проведенных работ значения мощности дозы гамма-излучения снижены с 2000 нГр/ч до 500 нГр/ч.

Рекультивационные мероприятия привели к снижению мощности гамма-излучения и отвечают критериям для ограниченного использования лесного фонда. Чтобы проследить за долгосрочными последствиями рекультивации, следует продолжить мониторинг на территории завода.

ASSESSMENT OF REMEDIATION ACTIONS ON AREA OF FORMER URANIUM MILLING PLANT “ZVEZDA”, ELESHNITSA, BULGARIA

¹Ivanova Kremena Georgieva, ²Yagova Atanaska Hristova

¹National Center of Radiobiology and Radiation Protection, Sofia, Bulgaria

²Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia

Milling plant “Zvezda” in Eleshnitsa village has processed uranium ore from different deposits during the period 1965 to 1992. This has led to significant radioactive contamination of the site and premises of the factory. Environmental rehabilitation of former uranium mining and milling industry is being carried in three stages (technical liquidation, technical and biological remediation). Radiological surveys have been conducted to evaluate remediation activities on area of the milling plant.

Gamma dose rate measurements before and after the remediation on area of uranium milling plant are performed. The concentration of radium-226 in soil before restoring the area around the plant has been analyzed.

Technical and biological remediation has been carried out by: site reprofiling and cutting shrubs and trees; removing surface water drainage measures; covering the surface with non-radioactive layer and the planting of appropriate plants. The values of gamma dose rate are reduced from 2000 nGy/h to 500 nGy/h.

Remediation actions lead to reduction of gamma dose rate and meet the criteria for restricted use for woodland. Monitoring of the site should continue for controlling compromising of remediation site.