Индустрия және жаңа технологиялар министрлігі

«Қазақстан Республикасы Ұлттық ядролық орталығы»
Республикалық мемлекеттік кәсіпорны

«Радиациялық қауіпсіздік және экология институты»
Еншілес мемлекеттік кәсіпорны

ҚАЗАҚСТАН РАДИОЭКОЛОГИЯСЫНЫҢ ӨЗЕКТІ МӘСЕЛЕЛЕРІ

2-шығарылым

Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының 2007-2009 жж. еңбектер жинағы

Павлодар, 2010 ж.

УДК 504.064:574
ББК 28.080.1

Қ18 Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының еңбектер жинағы ҚР ҰЯО РМК бас директорының радиоэкология жөніндегі орынбасары С.Н.Лукашенконың басшылық етуімен ҚР ҰЯО Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының қызметкерлерімен дайындалған

Рецензенттер:

1. **М.С. Панин** – Семей мемлекеттік педагогикалық институтының ғылыми жұмыс және халықаралық байланыс жөніндегі проректоры, экология және география кафедрасының меңгерушісі, б.ғ.д., профессор, академик (Қазақстан, Семей қ.)

2. **В.П. Солодухин** – ҚР ҰЯО Ядролық физика институты кешенді экологиялық зерттеулер Орталығының радиоэкология жөніндегі ғылыми басшысы, бас ғылыми қызметкер, ф.-м.ғ.д. (Қазақстан, Алматы қ.)

Жинақты дайындау және басып шығару Павлодар қ. «Баспа үйі» ЖШС және басшылық етуші директор Е.А.Писаревскаяның тікелей көмегімен, Г.В.Трубицкая, Д.Швец, Е.Горкин, А.Вустың ынтымақтастығымен жүзеге асты. Авторлар ұжымға көмегі мен жемісті қызметтестігі үшін алғыс білдіреді.

Аударғандар: А.Е. Несіпбаева, П.С. Махметова
Техникалық редакторлар: О.В.Тоневицкая, О.В.Серая

Қ18 Қазақстан радиоэкологиясының өзекті мәселелері. 2 шығарылым. Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының 2007-2009 жж. еңбектер жинағы/ С.Н.Лукашенконың басшылығымен шығарылған – Павлодар: Баспа үйі, 2010.- 234 б.

ISBN 978-601-7112-37-0

Кітапта Қазақстан Республикасы Ұлттық ядролық орталығының Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының 2007-2009 жылдар ағымында атқарған жұмыстары берілген. Мақалаларда бұрынғы Семей сынақ полигонындағы және оның іргелес аумақтарындағы радиоэкологиялық жағдайды зерттеу, ССП жұмыстарды қауіпсіз жүргізуді қамтамасыз етудің, қауіптің «радиациялық емес» факторлары, сондай-ақ Қазақстанның басқа да нысандарындағы радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз етудің жалпы мәселелері қамтылған. Авторлар ұсынылып отырған жинақ оқыған әр адамға бұрынғы ССП қазіргі шынайы ахуалы туралы сапалы ақпарат алуға мүмкіндік береді және - «Семей ядролық сынақ полигоны» деп аталатын осы ерекше нысанға қасақана емес көзқарас қалыптастыруға көмектеседі деп сенеді.

УДК 504.064:574
ББК 28.080.1

ISBN 978-601-7112-37-0

© ҚР ҰЯО РМК Радиациялық қауіпсіздік және экология институты ЕМК, 2010.
© Павлодар, "Баспа үйі" ЖШС, 2010

МАЗМҰНЫ

Алғысөз 5

Бөлім: Бұрынғы Семей сынақ полигонының және іргелес аумақтардың радиоэкологиялық ахуалы 7

А.О.Айдарханов, С.Н.Лукашенко, С.Б.Субботин, В.И.Эдомин, С.В.Генова, А.В.Топорова, Н.В.Ларионова, Е.Ю.Пестов
«Шаған өз. экожүйесінің жай-күйі және оның қалыптасуының негізгі механизмдері» 9

А.В.Паницкий, Р.Ю.Магашева, С.Н.Лукашенко
«Дегелең» таулы массиві штольня суларының экожүйелері табиғи ортасының радиоактивті ластануының өзіндік ерекшеліктері» 57

С.Б.Субботин, С.Н.Лукашенко, В.М.Каширский, Ю.Ю.Яковенко, Л.В.Бахтин
«Дегелең» таулы массивінен тыс жерлерге жасанды радионуклидтердің жерасты жылыстауы» 105

Т.В.Коровикова, В.Н.Дмитропавленко, Е.В.Мустафина, А.Ю.Осинцев, Ю.Ю.Яковенко
«Дегелең» таулы массивіндегі штольнялардың инженерлік құрылыстарына қосымша қорғау құру бойынша жүргізілген жұмыстардың порталалды телімдердің жағдайына әсері» 159

В.В.Каширский, С.Н.Лукашенко, О.Ю.Коровина, А.Н.Шатров
«ССП негізгі сынақ алаңдарының топырағындағы ^{241}Pu және ^{241}Am белсенділіктерінің арақатынасын зерттеу» 203

Бөлім: ССП жұмыстарды қауіпсіз жүргізуді қамтамасыз ету 223

Е.В.Мустафина, В.Н.Дмитропавленко, А.Ю.Осинцев, Н.В.Брянцева
«Дегелең» алаңы штольняларындағы инженерлік құрылыстардың қосымша қорғауын құру бойынша жұмыстарды жүргізу кезіндегі жеке дозаны қалыптастыру» 225

А.О.Айдарханов,С.Н. Лукашенко, С.Б.Субботин, В.И.Эдомин
«Қаражал» флюоритті кенорнының аумағындағы радиоэкологиялық хал-ахуал» 245

Бөлім: ССП арнайы зерттеулер 277

Н.В.Ларионова,С.Н.Лукашенко, Б.М.Султанова, Е.В.Мустафина, Ю.Ю.Яковенко
«Өсімдіктерді бұрынғы «Дегелең» сынақ алаңдарындағы штольнялардың жербеткі радиоактивті ластану индикаторлары ретінде пайдалану» 279

А.М.Қабдырақова А.Е.Құндызбаева, С.Н.Лукашенко
«Дегелең» таулы массивінен аққан сулардың топырақ экожүйесінен радионуклидтерді табу формасы» 287

Н.В.Ларионова, С.Н.Лукашенко, А.М.Қабдырақова, А.Е.Құндызбаева, А.В.Паницкий, Ж.А.Байғазинов
«Дегелең» алаңының штольнядан шыққан ағын сулардың аумағындағы өсімдіктердің техногенді радионуклидтерді жинақтау ерекшелігі» 303

Н.В.Ларионова, О.Н.Ляхова, А.О.Айдарханов, С.Б.Субботин, С.Н.Лукашенко
«Өсімдік жамылғысындағы құрамы бойынша топырақасты суларының тритиймен ластануын бағалау әдісін әзірлеу және пайдалану» 323

О.Н.Ляхова, С.Н.Лукашенко, Н.В.Ларионова
«Дегелең» таулы массиві шегіндегі ауа бассейнінің тритиймен ластануын қалыптастыру механизмдері» 335

Ж.А.Байғазинов, А.В.Паницкий, С.Н.Лукашенко, С.А.Келлер, С.С.Қаратаев, О.Р.Иванова
«ССП жағдайында жасанды радионуклидтердің қойдың мүшелері мен ұлпаларына ауысу ерекшеліктерін тәжірибелік зерттеу» 359

Ж.А.Байғазинов, А.В.Паницкий, С.Н.Лукашенко, С.А.Келлер, С.С.Қаратаев, О.Н.Ляхова, Л.Ф.Субботина
«Тритийдің табиғи жағдайларда түсуінің әр түрлі формалары кезіндегі олардың ІҚМ сүті сарысуындағы шоғырлануының өзгеру динамикасын зерттеу» 391

Бөлім: ССП қауіптің «радиациялық емес» факторлары 403

С.Б.Субботин, С.Н.Лукашенко, С.В.Генова, Л.А.Русинова, А.В.Дроздов, Л.М.Чернова
«Балапан» алаңындағы апаттық сипаттағы үрдістер ағысының мүмкіндігін бағалау» 405

А.А.Амиров, С.Н.Лукашенко, С.Б.Субботин, В.Д.Кириллов, В.П.Солодухин, Н.М.Бердинова, Д.А.Желтов
«ССП геохимиялық аясы. «Дегелең» таулы массивіне іргелес телімдердің топырағындағы микроэлементтер» 449

Бөлім: Радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз етудің жалпы сұрақтары 459

Н.В.Брянцева, А.В.Топорова, А.А.Жадыранова, С.Н.Лукашенко
«Плутоний изотоптарынан зерттеу нәтижелері бойынша ССП әсер етуші аймағында өмір сүріп жатқан тұрғындардың несептеріндегі оның дозаларын есептеу» 461

Е.В.Мустафина, А.Ю.Осинцев, В.В.Божко
«Рентген-диагностикалық кабинеттердегі дозалық алаңдарды зерттеу әдіснамасын әзірлеу» 473

О.Ю.Коровина, С.Н.Лукашенко, В.В.Каширский
«ЖН-350 реакторлық қондырғысының сұйық радиоактивті қалдықтарын қайта өңдеу технологиясының тиімділігі жайлы мәселеге» 483

В.Н.Дмитропавленко, А.Ю.Осинцев, О.Ю.Коровина, Е.В.Мустафина
«Бұрынғы әскери арсенал орналасқан Тоқырау п. аумағындағы радиоактивті ластанған көздерді кәдеге жарату» 497

Авторлық (Алфавиттік) көрсеткіш 517

Шығарылымның негізгі авторлары туралы 519

РЕДАКТОРДЫҢ АЛҒЫСӨЗІ

Оқырман назарына ұсынылып отырған кітапта Қазақстан Республикасы Ұлттық ядролық орталығы Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының (ҚР ҰЯО РҚЭИ), негізінен, 2007-2009 жылдар ағымында жүргізген жұмыс нәтижелері берілген. Бұрынғы Семей сынақ полигонындағы (ССП) экологиялық жағдайды зерттеу мен оның іргелес аумағы қоршаған ортасына және тұрғындардың денсаулығына әсерін жан-жақты зерттеу Институт жұмысының басты бағыты болып табылады.

Қазіргі уақытта ССП бойынша ауқымды тәжірибелік материал жинақталды, бұл қазір де ССП кез-келген жұмыстың толық радиациялық қауіпсіздігін тиімді қамтамасыз етуге және қосымша қажетті зерттеу жұмыстарының және іс-тәжірибелік жою (ремедиациялық) шараларының ғылыми негізделген жоспарын ұсынуға мүмкіндік береді. Жинақталған білім ССП аумағының көп бөлігінің іс жүзінде «таза» екенін сенімді айтуға мүмкіндік береді, бұл ССП аумағының «солтүстік» бөлігін зерттеулер арқылы дәлелденген, оның нәтижелері кітаптың осы сериясының 1-ші шығарылымында келтірілген.

Алайда, оның қойнауында сақтаулы жатқан радиоактивтілік көлемінің жалпы саны туралы еске ала отырып, полигонның күрделігі мен мәселелерін азайтуға да болмайды. ССП ауқымдылығын және жүргізілген сынақтардың көп түрлілігін ескере отырып, қолда бар ақпараттың толық еместігін мойындау қажет. Радиациялық ахуалды жақсарту бойынша қосымша зерттеулер мен іс-тәжірибелік шараларды жүргізу жоспарында бірінші кезектегі бағыттарға төмендегілерді жатқызу керек:

- «шартты таза» аумақтарға оларды ары қарай халық шаруашылығына беру мақсатында кешенді қосымша зерттеулер жүргізу;
- радиоактивті ластанудың сынақ алаңдарынан тыс жерасты жылыстауын зерттеу (қазіргі уақытта кейбір радиоактивті элементтердің (тритийдің) сынақ жүргізілген орындардан ондаған километр жерлерге жылыстауы туралы растайтын фактілер анықталды);
- радиоактивті ластану телімдерін оларды ремедиациялау немесе консервациялау жобаларының әзірлемесі бар түгендеу бойынша жұмыстар;
- ССП радиациялық-қауіпті нысандарға кіруге физикалық шектеу және оларды бақылау бойынша шараларды жоспарлау және жүзеге асыру;
- Семей сынақ полигонының ықтимал әсер етуші аймағында орналасқан елді мекендерге радиациялық-гигиеналық төлқұжаттар дайындау және олардағы радиациялық жағдайдың тұрақты мониторингін ұйымдастыру.

Ұлттық ядролық орталығы осы бағыттарда жұмыстар көп жүргізуде және ол жеткілікті ауқымды, оны ұсынылып отырған жинақтан көруге болады. Басқа да нәрсені атап өтуді қажет деп санадым. Барлық табылған ерекшеліктерді радиация әсері деп түсіндіре отырып, дәстүрлі түрде ССП радиациялық қауіп көзі деп қарайды, бұл дұрыс емес. Басқа факторлардың, жекелеп айтқанда, «ауыр» металдардың болжамды әсерінің зерттелуі мен сезінуі жеткіліксіз, ол туралы қолда бар тәжірибелік деректер ғана емес, сол сияқты полигон аумағындағы әр түрлі пайдалы қазбалардың кен орындарының болу фактісі де дәлел бола алады.

Зерттеудің басым бағыттарына апатты сипаты бар құбылыстардың: газ шығарындысы, ойлы-шұңқырлы құбылыстары және т.б. пайда болуы мүмкін жерлерді зерттеуді де жатқызуға болады, өйткені қазіргі уақытта бақыланбайтын жерасты газ шығару, полигонның кейбір телімдерінде, жекелеп айтқанда, Балапан алаңында, көмірдің құрылымдық термикалық бұзылу процестері байқалуда.

Берілген жұмыс тақырыптарының «мақалалар жинағы» форматына тән кейбір «шашыраңқылығына» қарамастан, ұсынылып отырған жинақ оқыған әр адамға бұрынғы ССП қазіргі шынайы ахуалы туралы сапалы ақпарат алуға мүмкіндік береді және осы ерекше нысан - «Семей ядролық сынақ полигонына» қасақана емес көзқарас қалыптастыруға көмектеседі деп сенгім келеді.

ҚР ҰЯО бас директорының радиоэкология жөніндегі орынбасары – Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының директоры **С.Н.Лукашенко**

БӨЛІМ: БҰРЫНҒЫ СЕМЕЙ СЫНАҚ ПОЛИГОНЫНЫҢ ЖӘНЕ ІРГЕЛЕС АУМАҚТАРДЫҢ РАДИОЭКОЛОГИЯЛЫҚ АХУАЛЫ

УДК 577.4:504.4.054: 539.16

ШАҒАН ӨЗ. ЭКОЖҮЙЕСІНІҢ ЖАЙ-КҮЙІ ЖӘНЕ ОНЫҢ ҚАЛЫПТАСУЫНЫҢ НЕГІЗГІ МЕХАНИЗМДЕРІ

А.О. Айдарханов, С.Н. Лукашенко, С.Б. Субботин, В.И. Эдомин, С.В. Генова, А.В. Топорова, Н.В. Ларионова, Е.Ю. Пестов *

Шаған өзені Семей сынақ полигонының басты су күретамыры болып саналады, және өзіне іргелес жатқан аумақтармен бірге экожүйені құрайды, экожүйеге жерасты және жерүсті сулары, түп шөгінділері және жағалау топырақтары, ауа бассейні, өсімдік және жануарлар әлемі кіреді. Бұл құраушылардың барлығы қандай дәрежеде болмасын Семей сынақ полигонындағы ядролық жарылыстардың салдарынан радиоактивті ластануға ұшыраған. Аталған жұмыста осы ауданда жүргізілген радиоэкологиялық зерттеу материалдары талданған және қорытындыланған, экожүйенің қазіргі жалпы қалпы баяндалған, оның қалыптасуының басты механизмдері қарастырылған. Радиоактивті ластанудың әр түрлі типі бар екі ірі аймақ анықталды. Бірінші аймақ «Атом» көлі маңайы шұңқырының қырына орайластырылған, мұнда радионуклидпен – 1004 ұңғымадағы экскавационды жарылыс кезінде пайда болған бөлу өнімі мен нейтронды белсендірумен - алаңдық ластану бар. Екінші облыс «Атом» көлінен 4-5 км қашық орналасқан. Мұнда «Балапан» алаңының «әскери» ұңғымалар аудандарынан Шаған өзенінің жерасты және жерүсті суларына тритий түседі, бұл кезде оның өзен суындағы шоғырлануының араласу деңгейі 2 ретке жоғарылайды. Аталған телімнің суы шындығында сұйық радиоактивті қалдық ретінде байқалады. Сондықтан Шаған өзенінің бөлігі мен оған іргелес аумақтарды шаруашылық айналымнан алып тастау мәселесі өте өзекті болып табылады.

Түйін сөздер: ядролық сынақтар, «Атом» көлі, экожүйе, гидрогеология, радиоактивті ластану, радионуклидтер, ұңғымалар.

КІРІСПЕ

Суы аз болып келетін Шаған өз. (1-2 сурет) тармағымен келетін Ащысу бұл. Семей полигонының аумағындағы, беткі ағын суы ең ұзаққа созылған, басты су артериясы болып табылады. Ол ССП солтүстік шекарасы бойымен ағып өтеді және Ертіс өз. оңтүстік жағалаулы тармағы болып келеді. Өзеннің су жинақтау бассейнінің аумағы 10 000 км^2 асады, басты қойнауының ұзындығы - 275 км, ал Ащысу бұл. тармағының ұзындығы – 115 км. Өзеннің бастауы Қаншыңғыс тау жотасының баурайында 875 м рельеф белгісімен орналасқан.

Шаған өз. құйылған жерінде Ертіс өз. абсолюттік белгі 160 м құрайды, басқаша айтқанда белгідегі айырмашылық 715 м-ге тең. Өзеннің арнасының ұзындығы 275 км болған жағдайда, орташа еңісі шамамен 0,003 құрайды. ССП шегінде өзен арнасының ұзындығы – шамамен 50 км, ал еңісі орташа 0,002 тең. Сынақ ұңғымалары орналасқан алаңның сол жақ бөлігіндегі су жинау аумағы шамамен 900 км^2 құрайды.

Арнаның ағысының жылдамдығы төмен, тарамдалған, тұйықталған шығанақтар, жағалаулары батпақтанған. Өзеннің ағысы бойымен 12-15-тен 30-40 км-ге дейін «Атом» көлімен аралығындағы Шаған өз. дүркін-дүркін жоғалып кетіп (құрғайды), қайта пайда болады.

1-Сурет. Шаған бұл. жалпы көрінісі

1. ЭКОЖҮЙЕНІҢ ЛАСТАНУЫНЫҢ ЫҚТИМАЛ КӨЗДЕРІ

Шаған өз. экожүйесі құрауыштарының радионуклидті ластануының қалыптасуы негізінен, келесі факторлармен шартталған:

- ауқымды атмосфералық түсулер;
- «Тәжірибе даласындағы» жерүсті және ауадағы ядролық жарылыстардан кейінгі түскен атмосфералық түсулер;
- 1004 ұңғымасындағы экскавациялық жарылыстан түскен атмосфералық түсулер;
- «Атом» көлі айналасындағы аймақтан жерүсті суларымен және желмен радионуклидтердің таралуы;
- «әскери» ұңғымалар ауданынан радионуклидтермен ластанған жерасты суларының түсуі.

1.1. Ауқымды атмосфералық түсулер

Төмендегі деректерге негізделген ауқымды түсулердің тығыздығына теориялық баға берілді [1]:

- 1990 ж. жердің беткі қабатына $5,99*10^{17}$ Бк ^{90}Sr (атмосфераға шығарылған $6,04*10^{17}$Бк), $9,6*10^{17}$ Бк ^{137}Cs (шығарылғаннан – $9,64*10^{17}$ Бк) түсті;
- жердің беткі қабатының аумағы – 510 $Тм^2$;
- солтүстік жарты шарына түсулердің көп бөлігі жатады (~75 %);
- жер шарының беткі қабаты бойынша радионуклидтердің біркелкі таралуы;
- литосферада радионуклидтердің таралу тереңдігі – 0,05 м;
- топырақтың тығыздығы - 1600 $кг/м^3$.

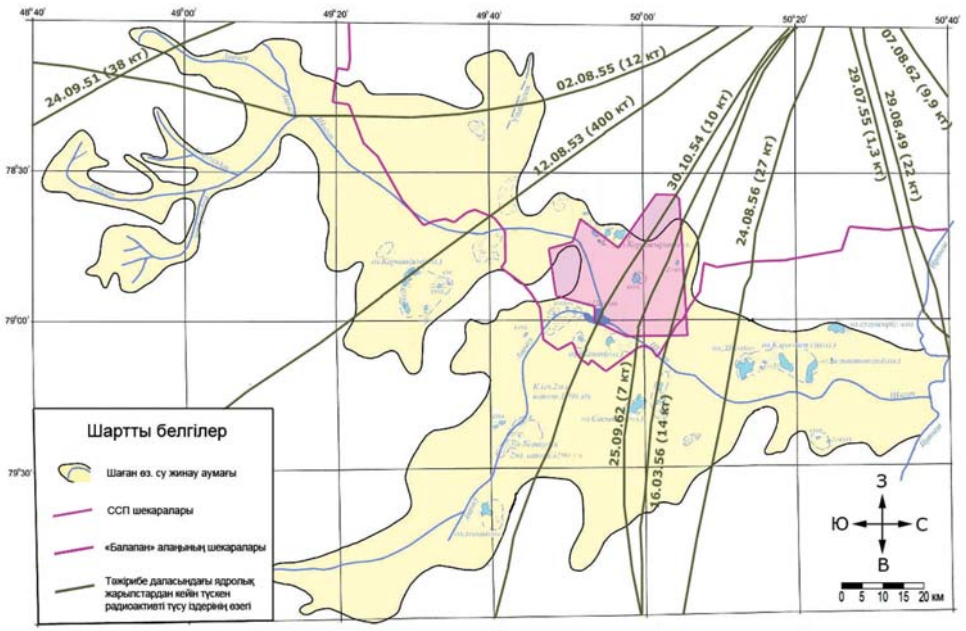
2009 ж. жартылай таралу кезеңін ескере отырып, ауқымды түсулердің тиесілі белсенділігінің алдын ала отырсақ ^{137}Cs – 15,2 Бк/кг үшін, ал үшін ^{90}Sr – 9,4 Бк/кг-ны

құрады, әдебиетте кездесетін (^{137}Cs үшін 4–29 Бк/кг, ^{90}Sr үшін 1–19 Бк/кг, $^{239+240}$Pu үшін 0,02–5 Бк/кг), диапазон мәнінің ортасына таман сәйкес.

Әдеби деректерде ^{151}Sm және ^{99}Tc сияқты радионуклидтер жайлы ешқандай ақпарат жоқ. Себебі олардың ^{137}Cs шоғырлануы қазіргі уақытта 8 % және 1,6 % құрайды, теориялық есептерге сүйене отырып, ауқымды түсулердегі ^{151}Sm және ^{99}Tc белсенділігі 1,2 және 0,2 Бк/кг-ны құрайды деп болжап айтуға болады.

1.2. «Тәжірибе даласындағы» жерүсті және ауадағы ядролық жарылыстардан түскен атмосфералық түсулер

1949 жылдан 1962 жылдар аралығындағы кезеңде «Тәжірибе даласы» алаңында 30 жерүсті сынақтары өткізілді. Жерүсті ядролық жарылыстары көптеген аумақтардың қомақты түрде радиоактивті ластануына алып келді, олар жарылыс эпиорталығынан жүздеген километрге дейін созылған радиоактивті іздерді қалыптастырды [2]. Осы іздердің бір бөлігі Шаған өз. бассейнінің су жинау саласы бойынша өтеді (2-сурет).

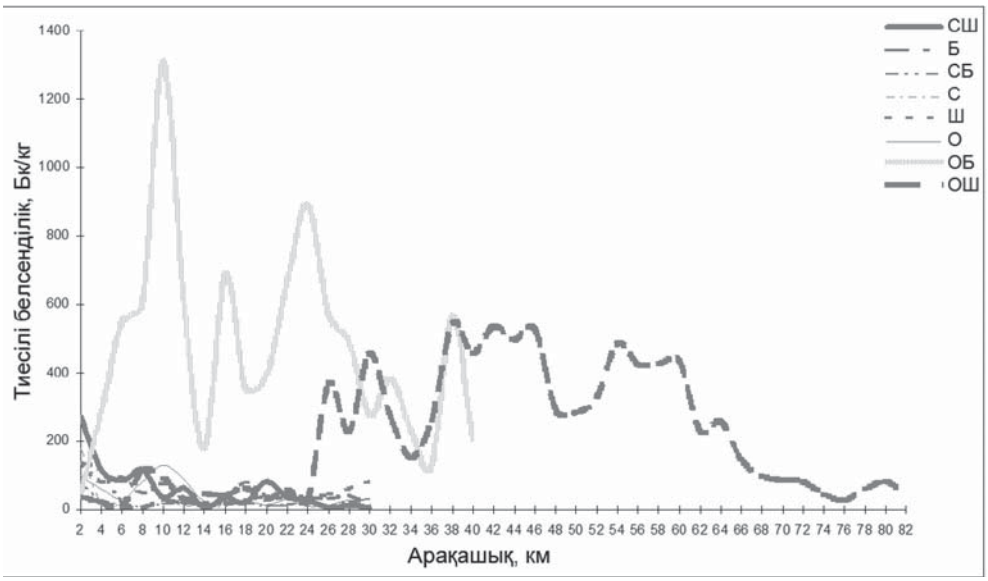


2-Сурет. «Тәжірибе даласы» жерүсті жарылыстарынан түскен ауқымды атмосфералық түсулердің іздері және Шаған өз. бассейнінің су жинау аймағы

Полигон шегіндегі жердің беткі қабатындағы радиоактивті түсулер жайлы сынақтар өткізген уақыттағы мөлшерлік деректер жоқ.

Өткен ғасырдың 90-шы жылдарындағы К-053 ХҒТО жобасы шеңберінде ССП аумағының радионуклидті ластануын зерттеу бойынша жұмыстар жүргізілді [3]. Осымен қатар «Тәжірибе даласындағы» сынақтардың эпиорталығына жақын жатқан телімдерде, зертханалық зерттеулер үшін эпиорталықтан 8 сәуле бойынша топырақ сынамалары іріктеп алынды. Бұл сәулелер негізінен, полигонның ластануына негізгі үлес

қосқан, радиоактивті түсу іздерінің өзегі бойынша өтті. Топырақ сынамаларын талдамалаудан «Тәжірибе даласынан» түрлі бағытта және арақашықтықта радионуклидтердің бір немесе басқа бір түрінің таралу ерекшеліктерін сипаттауға мүмкіндік берді. Суретте (3-сурет) осындай таралу ^{137}Cs радионуклиді үшін көрсетілген.



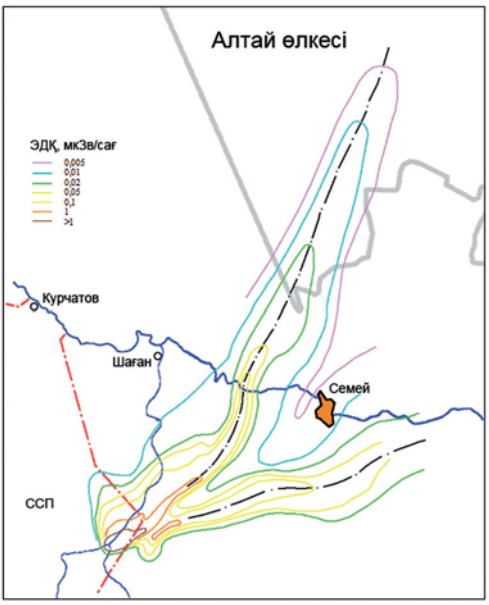
3-Сурет. «Тәжірибе даласынан» түрлі бағыттағы топырақтағы ^{137}Cs шоғырлануы

Біз зерттеп жатқан телім оңтүстік-шығыс іздердің әсер ету аймағында жатыр, ондағы максималды белгіленген радионуклидтердің шоғырлануы топырақта: ^{137}Cs – 580 Бк/кг, ^{90}Sr – 390 Бк/кг, $^{239+240}Pu$ – 270 Бк/кг-ны құрайды.

1.3. 1004 ұңғымасындағы экскавациялық жарылыстардан түскен атмосфералық түсулер

Экскавациялық жарылыс 1004 ұңғымада 15.01.1965ж. құрғақшылық туындайтын аудандарда жасанды су қоймасын құру әдістемесін өңдеу мақсатында жасалды. Жарылыстың қуаты 140 кт, зарядты орналастыру тереңдігі 178 м құрады. Қазан шұңқырдың ернеубойынша орын алған диаметрі – 408 м. Бұл жарылыстың нәтижесінде Шаған және Ащысу бұл. құйылған жерінде жасанды су қоймасы пайда болды, кейіннен ол «Атом» көлі атауына ие болды.

1004 ұңғымада өткізілген жарылыстың әсерінен бұлттың қалыптасуы және радиоактивті іздің пайда болуы биіктіктегі жел мен аномалды температураның таралуы барысында пайда болды, ол өз кезегінде күрделі конфигурациялы ауқымды радиоактивті іздің пайда болуына алып келді. Осылайша, 0-ден 750 м-ге дейінгі қабаттағы радиоактивті аэрозолдар 330° азимут бойынша ауысып отырды, 750 м-ден 2500 м-ге дейінгі қабатта – 40–47°, ал бұлттың үстіңгі бөлігі 2500 м жоғары көтеріліп, 70°азимут бойынша орнын ауыстырды. Нәтижесінде бұтақталған формадағы із қалыптасты (4-сурет) [4].



4-Сурет. 1004 ұңғымадан топырақ лақтырындысымен жасалған жерасты ядролық жарылысынан кейінгі радиоактивті ластану ізінің сұлбасы (жарылыстан кейін 24 сағаттан соң)

Аталған жарылыстан жергілікті жердің қомақты ластанудан ауқымды із қалған жоқ. Топырақта радионуклидтердің шоғырлануымен шартталған аялық мән ернеуден 1–2 км аралықта төмендейді. Аталған ауқымды түсулердің көзге түсер ерекшеліктеріне радионуклидтердің– топырақтың белсенділік заттегі өнімдері: ^{60}Co, ^{152}Eu, ^{154}Eu жоғары түрде шоғырлануы жатады.

1.4. «Атом» көлінің айналасындағы топырақ үйілген аймақтан жерүсті суларымен және желмен радионуклидтерді тарату

Жарылыстың нәтижесінде ұзақ мерзімді өмір сүретін радионуклидтер: $^{239+240}$Pu – 8,5 Ки; ^{137}Cs – 800 Ки; ^{60}Co – 80 Ки; ^{152}Eu – 120 Ки; ^{90}Sr – 400 Ки; ^{3}H – 4*10^{5} Ки пайда болды. Топырақ үйілген аймақта пайда болған мөлшерден радионуклидтердің 40 %-ға дейін түсті.

Жарылыстың әсерінен жақын жатқан аумақ қомақты түрде ластанды. Радиометриялық өлшеулердің нәтижесі бойынша «Атом» көлі ауданында ЭДҚ мәні 68 мкЗв/сағ, бета-сәуле шығару ағымының тығыздығы – 350 бөлш/(см^{2}*мин-қа) жетеді. «Атом» көлі маңайынан алынған топырақ үлгілерінде, максималды шоғырлану: ^{241}Am – 4 100 Бк/кг, $^{239+240}$Pu – 3 400 Бк/кг, ^{137}Cs – 15 000 Бк/кг, ^{90}Sr – 10 000 Бк/кг, ^{152}Eu – 21 000 Бк/кг, ^{154}Eu – 13 000 Бк/кг-ға жетеді.

«Атом» көлі айналасындағы топырақ үйілген аймақты қатерлі ластанудың ықтимал көзі ретінде қарастыру қажет. Осы жерден ары қарай желмен, сонымен қатар атмосфералық жауын-шашынмен қоршаған ортаға және Шаған өз. арнасына беткі ағын сулармен радионуклидтердің таралуы мүмкін. Қолда бар деректер бойынша, «Атом» көлінен Шаған өз. шығар жерінде өзен суындағы радионуклидтердің шоғырлануы

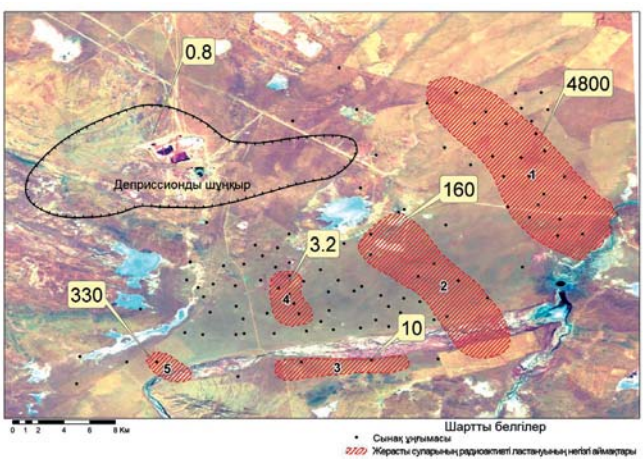
қазіргі уақытта ^{90}Sr – 4,0 Бк/кг-ға дейін, ^{137}Cs – 1,5 Бк/кг-ға дейін, $^{239+240}Pu$ – 0,005 Бк/кг-ға дейін, ^{3}H – 250 Бк/кг-ны құрайды.

1.5. «Әскери» ұңғымалар ауданынан жерасты суларымен ластанған радионуклидтердің түсуі

«Балапан» алаңында 1961 жылдан 1989 жылдар аралығында тау жыныстарында тігінен орналасқан – ұңғымаларда қуаты жоғары (150 кт тротилді эквивалентті) 131 жерасты ядролық жарылыстары жасалды. Орналасудың орташа тығыздығы – 7 км^2 бір ұңғыма.

«Балапан» алаңында жерасты суларына радиоэкологиялық зерттеулер полигон жабылған соң ғана жасала бастады. Бұл жұмыстарды өткізуге ядролық сынақтар өткізген кезде бұрғыланған 100-ден аса гидрогеологиялық ұңғыма себепші болды. Нәтижелердің зерттеулерінен, жерасты суларындағы ^{137}Cs және ^{90}Sr жоғары түрде шоғырлануын ядролық жарылыстар өткізілген аймаққа жақын жерлерден байқауға болады, ал «әскери» ұңғымалардың аузынан 300 м алыстаған сайын радионуклидтердің шоғырлануы мБк/кг-ға дейін төмендейді. Осыған байланысты, жерасты суларында ^{137}Cs және ^{90}Sr таралу сипатының қандай да бір ерекшеліктері шоғырланудың төмендігіне байланысты байқалған жоқ.

Сонымен қатар, жерсты суларындағы ^{3}H шоғырлануы белсенділіктің минималды-детектрленуі 7 Бк/кг-ға тең болатын, максималды мәні 4 миллионнан аса Бк/кг-ға тең болатын кең диапазонда өзгереді. Жалпы алғанда, «Балапан» алаңында ^{3}H таралуының аймақтық сипаты байқалды. Барлығы ^{3}H жоғары мәнінің бес облысы белгіленген. Суретте (5-сурет) ^{3}H шоғырлануы жоғары аймақтардың орналасу сұлбасы көрсетілген. Цифрлармен кБк/кг-ғы шоғырлану мәні көрсетілген.



1- солтүстік-шығыс аймақ; 2- шығыс аймақ; 3- оңтүстік аймақ; 4- оңтүстік-батыс аймақ; 5- орталық аймақ.

5-Сурет. «Балапан» алаңы теліміндегі жерасты суларында ^{3}H жоғары түрде шоғырланған аймақтардың орналасу сұлбасы

^{3}H жоғары түрде шоғырлануы солтүстік-шығыс аймақта анықталды, ол жердегі 17А ұңғымасында ^{3}H 4 800 кБк/кг-ға дейін шоғырланғаны байқалды. Геологиялық қатынасы бойынша, солтүстік-шығыс аумағындағы ^{3}H жоғары мәні құрылымдық

жағынан Жанандық жаншылу аймағына сабақтастырылған. Бұл ені 7 км-ге дейін өзіндік тектоникалық құрылым. Оның шегінде жыныстар орнын ауыстырған және қарқынды тақтатасталған, сол себепті аталған аумақ жерасты суларының қарқындылығының белсенді болуына және су алуына қолайлы болады, ол өз кезегінде ядролық жарылыстардың орталық аймақтарынан радионуклидтердің қарқынды түрде шайылуына және олардың сулы көкжиекке түсуіне себепші болады.

2. ЭКОЖҮЙЕ ҚҰРАУЫШТАРЫНЫҢ ҚАЗІРГІ УАҚЫТТАҒЫ РАДИОЭКОЛОГИЯЛЫҚ ЖАЙ-КҮЙІ

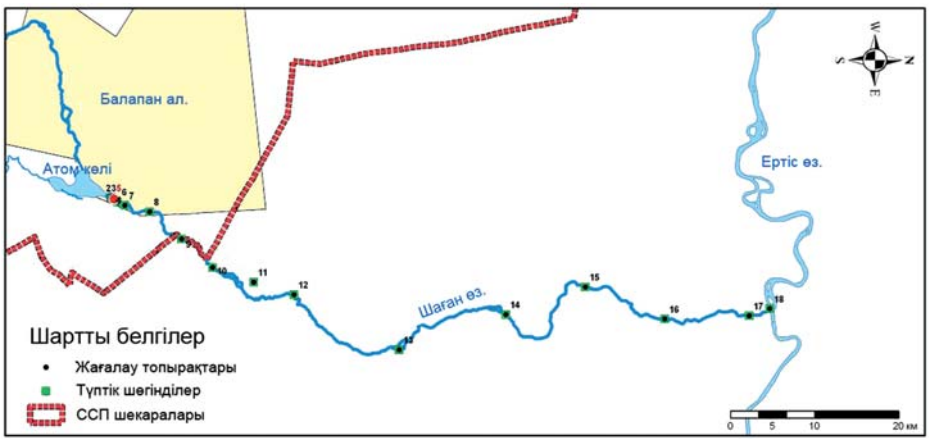
Зерттеу нысандарын таңдау қолда бар аспаптық және әдістемелік базаны пайдаланудың мүмкіндігіне байланысты жасалды, ең алдымен – оның өзектілігі мен тәжірибелік мәніне байланысты. Шаған өз. жақын бірнеше қыстаулар орналасқан, ол жерлерде тұрақты түрде адамдар өмір сүріп жатыр және шаруашылық қызметі жүргізілуде, оның ішінде малды жаю және оны күту жұмыстары атқарылады. Алдымен, аталған аумақта адамның өмір сүруі, сонымен қатар табиғи нысандардан үй жануарларының ағзасына радионуклидтердің өту мүмкіндігі, ал одан жануарлар өніміне және нәтижесінде адамның ағзасына өтуін анықтайтын нысандардың мәні зор.

Аталған ұғымға байланысты зерттеудің келесі нысандары таңдап алынды: топырақтар және түптік шөгінділер, жерүсті және жерасты сулары, өсімдік, ауа бассейні, мал шаруашылығы өнімі.

2.1. Топырақтар және түптік шөгінділер

2.1.1. Радионуклидтердің арна бойымен таралуы

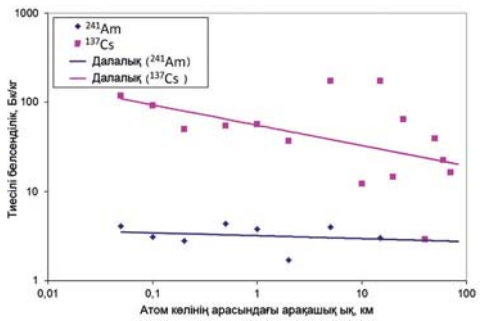
Шаған өз. жағалаулы аймағының радиоактивті ластану сипатын бағалау үшін және техногенді радионуклидтермен ластануын зерттеу үшін түптік шөгінділер (тікелей қазіргі өзен арнасынан) мен жағалау топырақтары (өзен арнасынан 10–15 м ара қашықтықтағы жағалау аймағынан) іріктеп алынды. Зерттеу нүктелерінің кеңістіктегі орналасуы сұлбада көрсетілген (6-сурет).



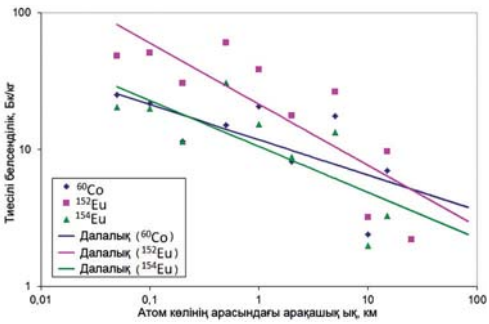
6-Сурет. Зерттеу нүктелерінің орналасу сұлбасы

Зертхана нәтижелерінен түптік шөгінділер мен жағалау топырақтарында ^{137}Cs, ^{241}Am, ^{60}Co, ^{152}Eu, ^{154}Eu техногенді радионуклидтерінің орын алғаны көрсетілді (7–10-сурет). Олардың «Атом» көлі жанындағы максималды шоғырлануы одан алыстаған сайын төмендей береді және 10 км ара қашықтықта ауқымды түсулерге тән мәндерге ұқсайды.

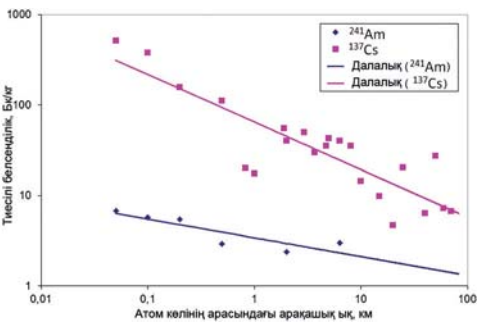
Бұл жерде айта кететін жайт, «Атом» көлінен алыс емес аралықта (50 м) түптік шөгінділер мен жағалау топырақтарында радионуклидтердің шоғырлануы, топырақ үйіндісі жатқан аймақта (1.4.т.) елеулі түрде төмен. Бұл сынғыш материалдың ағын судың арнасы бойымен таралуына байланысты болуы мүмкін.



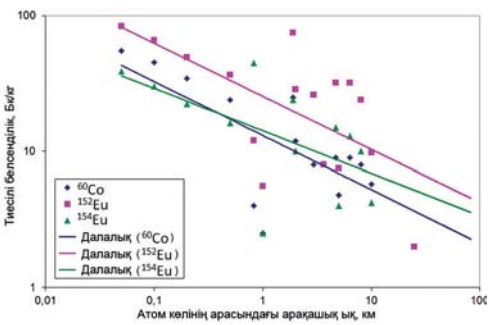
7-Сурет. Жағалаудағы топырақ сынамаларындағы ^{241}Am, ^{137}Cs тиесілі белсенділігі



8-Сурет. Жағалаудағы топырақ сынамаларындағы ^{60}Co, ^{152}Eu, ^{154}Eu тиесілі белсенділігі



9-Сурет. Түптік шөгінді сынамаларындағы ^{241}Am, ^{137}Cs тиесілі белсенділігі



10-Сурет. Түптік шөгінді сынамаларындағы ^{60}Co, ^{152}Eu, ^{154}Eu тиесілі белсенділігі

Шаған өз. арнасы бойындағы жағалау топырағында және түптік шөгінділерде радионуклидтердің шоғырлануы арасында анық тәуелділік байқалады және «Атом» көліне дейінгі аралықта $y = ax^b$ түрінің далалық қызметтерімен жақсы жуықтатылған, бұл жерде y – радионуклидтің тиесілі белсенділігі, Бк/кг, x – «Атом» көлі арасындағы арақашықтық, км, a және b – шексіз коэффициенттер. Кестеде (1-Кесте) қарастырылған радионуклидтердің әрбірі үшін аталған қызметтердің параметрлері келтірілген.

1-Кесте

«Атом» көліне дейінгі аралықтағы топырақ сынамаларындағы радионуклидтердің шоғырлану тәуелділігіне жуықтатылған далалық қызметтердің параметрлері

Радионуклид	Түптік шөгінділер			Жағалау топырақтары		
	a	b	R^2	a	b	R^2
^{241}Am	2,89	-0,20	0,79	2,77	-0,14	0,60
^{137}Cs	64,3	-0,62	0,82	51,8	-0,36	0,37
^{60}Co	10,9	-0,53	0,87	9,59	-0,45	0,82
^{152}Eu	16,6	-0,59	0,89	18,8	-0,57	0,85
^{154}Eu	8,16	-0,51	0,89	8,88	-0,48	0,84

Бақылап отырған тәуелділікті келесі түрде түсіндіруге болады. Радионуклидтің шоғырлануын *a* коэффициенті көрсетеді, ол «Атом» көлінен нөлдік аралықта жатыр және шамамен жарылыс кезінде жинақталған радионуклидтің мөлшеріне тепе-тең болуы тиіс, ол ^{60}Co ~ 80 Ки, ^{152}Eu ~ 120 Ки (бірнеше есе жоғары), ^{137}Cs ~ 800 Ки (бірқатар жоғары) жарылыс барысында жинақталған қолда бар бағалаумен нақтыланады. Диаграммаларда *a* коэффициенті тренд сызығының сол жақ шегінде орналсқан биіктігіне сәйкес келеді.

Радионуклидтің шоғырлануының аралық сайын азаю жылдамдығын *b* коэффициенті көрсетеді және алғашқы жақындауы аталған радионуклидтің жылыстау қабілетіне байланысты. Мысалы, *b* коэффициентіне ^{241}Am аз әсер етеді (модуль бойынша), одан оның басқа қарастырылған радионуклидтерге қарағанда жылыстау қабілеті жоғарылау. Алайда, бұл жерде қосымша факторлар да елеулі түрде әсер етуі мүмкін, олар: арнадағы химиялық процестер, ағымның жылдамдығы, атмосфералық түсу іздері өтетін жерлерден қосымша радионуклидтердің түсуі және т.б. Диаграммаларда *b* коэффициенті тренд сызығының еңісіне сәйкес келеді.

Түптік шөгінділер мен жағалау топырақтары бойынша бір радионуклидтің мәнін салыстыра отырып келесілерді атап өтуге болады:

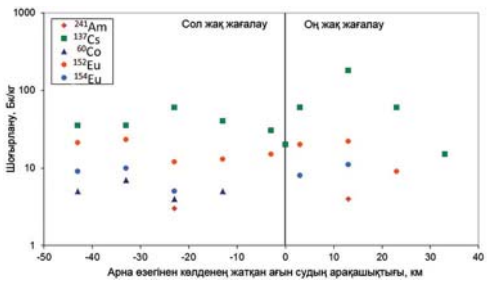
1. Түптік шөгінділер мен жағалау топырақтары екі коэффициент үшін мәні өзара бір-біріне жақын. Топырақтың осы екі түрлері арасында олардың қалыптасуымен тарихы тұрғысынан арнайы бір ұстанған айырмашылығы болмауы мүмкін, ал оларды түптік шөгінділер мен жағалау топырақтары бойынша бөлу арнаның тек қазіргі жағдайын көрсетеді.
2. Кейбір радионуклидтер (^{152}Eu, ^{154}Eu) үшін *a* коэффициентінің мәні жағалау топырақтарында, ал кейбірі (^{241}Am, ^{137}Cs, ^{60}Co) – түптік шөгінділерде көбірек. Ең алдымен бұл айырмашылықтар статистиканың аз нүктелерімен шартталған дәлсіздік шегінде жатыр. Бұл жерде қандай да бір себеп-салдардың заңдылығын анықтау мүмкін емес және болжап айтуға да негіз жоқ себебі бұл - коэффициент, жоғарыда айтылған көздегі белсенділікке байланысты, басқаша айтқанда топырақтың екі түріне арналған ортақ нысанға байланысты.
3. Модуль бойынша *b* коэффициентінің мәні түптік шөгінділерде сәл болса да, көбіне көбірек болады, басқаша айтқанда оларда радионуклидтердің шоғырлануы, жағалаудағы топырақтарға қарағанда жылдамырақ кемиді.

Бұл дегеніміз, түптік шөгінділерден радионуклидтердің шайылу процесі олардың жинақталу процесінен жоғары, алайда бұл жайды сеніммен айту үшін, айырмашылықтар статистикалық жағынан маңызды болуы тиіс, оған қажетті деректер әлі жеткіліксіз.

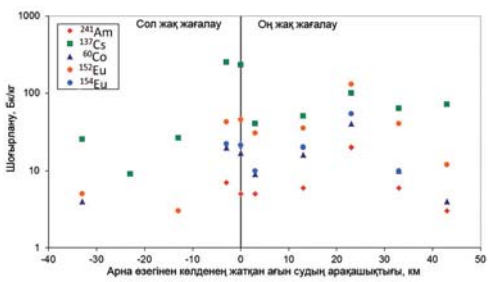
2.1.2. Радионуклидтердің арнаға көлденең таралуы

Арнаға көлденең өзеннің жағалау топырақтарында және түптік шөгінділерінде техногенді радионуклидтердің таралуын зерттеу үшін сынамалардың қабаттағы және беткі қабаттарын іріктеп ала отырып өзеннің арнасындағы екі телімге зерттеу жүргізілді. Бірінші телім «Атом» көлінен 1,9 км аралықта орналасқан және радионуклидтердің максималды шоғырлану мәнімен сипатталады (^{241}Am басқа). Екінші телімде өзеннің арнасының қиылысындағы түптік шөгінділерде ^{241}Am жоғары мәні қалыптасуына байланысты таңдап алынды. Ол «Атом» көлінен 6,35 км арақашықтықта жатыр.

Суреттерде (11-12 суреттер) түптік шөгінділер мен жағалау топырақтарындағы техногенді радионуклидтердің құрамы берілген.



11-Сурет. «Атом» көлінен 1,9 км аралықтағы түптік шөгінділер мен жағалау топырақ сынамаларындағы техногенді радионуклидтердің құрамы



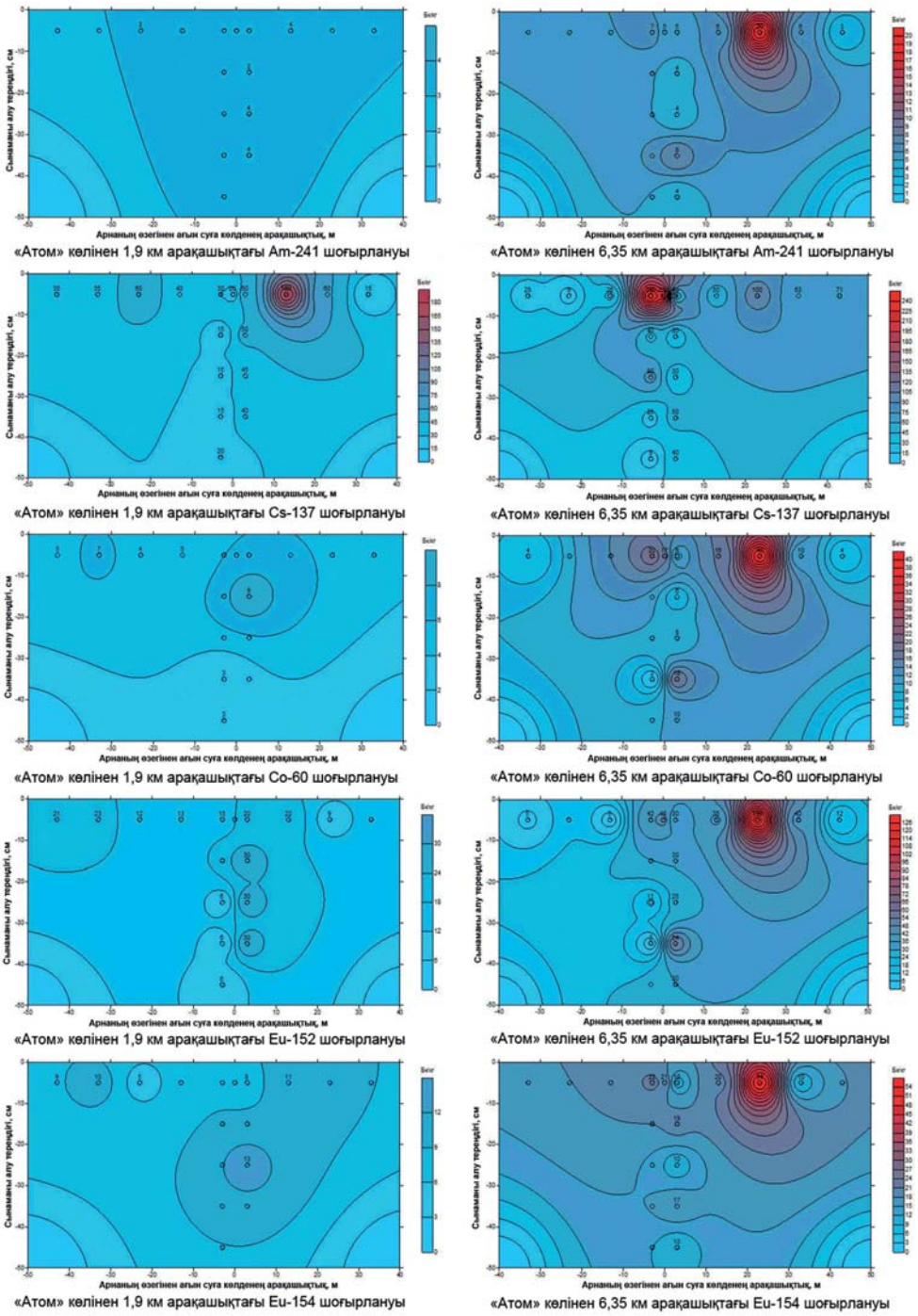
12-Сурет. «Атом» көлінен 6,35 км аралықтағы түптік шөгінділер мен жағалау топырақ сынамаларындағы техногенді радионуклидтердің құрамы

Екі телімде де техногенді радионуклидтердің орын алғаны тіркелді. «Атом» көлінен біршама аралықтағы ^{60}Co, ^{152}Eu, ^{154}Eu белсенділік өнімдерінің орын алуы ерекше назар аудартып отыр. Бұл дерек бойынша өзеннің арнасына аталған изотоптардың түсу механизмін зерттеу мақсатында қосымша зерттеулер жүргізу қажет.

2.1.3. Радионуклидтердің тереңдік бойымен таралуы

Техногенді радионуклидтердің түптік шөгінділер мен жағалау топырағында тереңдік бойымен таралу сипаты суретте көрсетілген (13-Сурет).

Суреттен көріп отырғанымыздай, екінші бейіндегі радионуклидтердің шоғырлануы біріншісімен салыстырғанда беткі қабаттарда ғана емес, тереңдік бойында да жоғары. Сонымен қатар, екінші бейінде де радионуклидтердің жоғары түрде шоғырлануы бірден көрінетін бір нүкте бар. Аталған жердегі шөгінділердің қалыптасуының ауытқымалы шарты орын алу мүмкіндігі жоқ емес, мысалы, рельефтегі анық байқалатын ойпаңдарға қоршаған алаңнан беткі шаю белсенді түрде болуы мүмкін.



13-Сурет. Техногенді радионуклидтердің тереңдік бойымен таралу сипаты

2.1.4. Түптік шөгінділер мен топырақтарда ластану механизмдерінің қалыптасу мүмкіндігін талқылау

2-бөлімде атап өтілген бесеуінің төртеуі экожүйенің ластануы ықтимал көздеріндегі топырақтың ластануының қалыптасуына әсер етуі мүмкін, атап айтқанда:

- ауқымды атмосфералық түсулер;
- «Тәжірибе даласындағы» жерүсті және ауадағы ядролық жарылыстар өткізілген жерлерден түскен атмосфералық түсулер;
- 1004 ұңғымадағы экскавациялық жарылыстан түскен атмосфералық түсулер;
- «Атом» көлінің айналасындағы топырақ үйілген аймақтан жерүсті сулары-мен және желмен радионуклидтердің тасымалдануы;

Әрбір осындай көздер топырақтың ластануының қалыптасуында рөл атқаратын фактор ретінде қарастыруға болады, сонымен қатар қарастыратын фактор ретінде келесі нюанстарды қосуға болады:

- Радионуклидтердің жерүсті суларымен тасымалдауды табудың түрлі формаларында іске асуы мүмкін. Бұндай формалардың көптүрлігін минимум 2 құрауышқа бөлу қажет – топырақтың ластанған бөлшектерінің механикалық өлшемінің тасымалдануы мен еріген күйдегі радионуклидтердің тасымалдануын және әрбір құрауышты жеке қарастыру қажет;
- Уақыт өте келе радионуклидтердің топырақтың тереңдігіне өтуі және беткі шаюы есебінен радионуклидтердің ландшафта ауқымды түрде таралуы орын алуы.

Атап өтілген факторларға нақты мөлшерлік баға беру бүгінгі таңда әлі қиын. ^{137}Cs радионуклидінің үлгісінде 2.1.1 – 2.1.3 тм. келтірілген деректерді пайдалана отырып, атап өтілген факторлардың сапалық деңгейіндегі әрбірінің рөлі жайлы бірқатар болжал жасауға болады:

Ауқымды атмосфералық түсулер. Зерттелген барлық телімдерде ^{137}Cs құрамы ауқымды түсулер аясына сәйкес келетін нүктелер (15–20 Бк/кг), сонымен қатар бұл ая қомақты түрде орын алған нүктелер де бар. Бұл дегеніміз ауқымды түсулер үлесі радионуклидті ластанулардың «базасы» болып табылады, ал қалған факторлар аумақтың жеке бір телімдерінде жергілікті әсер етеді.

«Тәжірибе даласында» өткізілген жерүсті және ауадағы жарылыстардан түскен атмосфералық түсулер. Өзен арнасы бойымен радионуклидтердің таралуын зерттеу барысында (6-сурет – 10-сурет) «Атом» көлінен алыстаған сайын радионуклидтердің шоғырлануы жалпы тенденция бойынша төмендейді, ал ол төмендеу біркелкі емес. Арна бойымен құрамы төмендеген жасанды радионуклидтердің (бұдан әрі - ЖРН) қозғалысы жоғарылағандармен ауысады. Бұл ауқымды түсулердің іздерінен арнаның жеке бір телімдеріне радионуклидтердің қосымша түсуіне болжамды тиянақты түрде қарастыруға итермелейді. Алайда бұл түсінік келесі қиындықтарға алып келеді:

1. Суреттен көрініп тұрғандай (3-сурет), оңтүстік-шығыстағы топырақта ^{137}Cs максималды шоғырлануы (580 Бк/кг-ға дейін) «Тәжірибе даласынан» 38-46 км аралықта белгіленген. Іздердің әсерін зерттеу бойынша жұмыстар 80 км-ге дейінгі аралықта жүргізілген және осы аралықта топырақтағы

^{137}Cs құрамы едәуір төмен – 20–80 Бк/кг. Бізді қызықтыратын Шаған өз. арнасының телімі «Тәжірибе» даласынан ары қарай – шамамен 100 км аралықта жатыр және жағалау топырағындағы ^{137}Cs шоғырлануын түсіндіру үшін шамамен 180–250 Бк/кг із әсерінің факторына жеткіліксіз болып табылады;

2. «Тәжірибе даласынан» едәуір аралықта ауқымды іздердің түсулері және үлкендігі жоғары емес телімдерде тепе-тең болуы мүмкін емес. Сол уақытта радионуклидтердің көлденең таралуын зерттеуден арна бойында, ЖРН шоғырлану бейінінің ұзындығы ондаған метр бойымен сан түрлі ерекшеленеді, ол ізден түскен жағдайға ұқсас емес екені көрсетілді;
3. Оңтүстік – шығыс іздері негізінен, 12.08.1953 ж. өткізілген [3], қуаты 400 кт болатын термоядролық жарлыстардан түскен, «Атом» көлінен оңтүстік арнаға қарай кесіп өтетін және біз қарастырып жатқан телімге жатпайтын жерде қалыптасқан. Аталған телімде 16.03.1956 және 25.09.1962 жж. сынақтардан түскен іздердің арна бойын кесіп өтетін телімдер бар, алайда әдебиеттегі деректер [2] бойынша бұл сынақтар радиациялық-маңызды сынақтарға жатпайды;
4. «Тәжірибе даласынан» түскен ауқымды түсулердің құрамына топырақтар мен түптік шөгінділердің ластануының радионуклидті құрамы сәйкес емес, топырақтар мен түптік шөгінділер, сонымен қатар «Атом» көлі айналасындағы қазаншұңқырдың ернеуі мен топырағы нейтронды активация өнімдерімен (^{60}Co, ^{152}Eu, ^{154}Eu) байытылған. ЖРН жоғары түрде шоғырланған жерлердегі олардың құрамы мен арақатынасының өзгерісі болмайды, ол «Тәжірибе даласы» ауқымды іздерінің әсер етуі барысында орын алуы тиіс еді.

1004 ұңғымадағы экскавациялық жарылыстардан кейінгі атмосфералық түсулер. Арнаның алғашқы бөлігінде өз рөлін атқарады, алайда қазаншұңқырдың еренуінен тыс жерден алынған топырақтың талдамасының нәтижелері бойынша топырақтағы радионуклидтердің құрамы «Атом» көлінен 1-2 км аралықта аялық мәнге дейін төмендейді [3].

«Атом» көлі айналасындағы топырақ үйілген аймақтан жел арқылы радионуклидтердің таралуы. Физикалық мағынасы бойынша масштабтарда төмен түрде қарастырылатын, экскавациялық жарылыстардан кейінгі ауқымды атмосфералық түсу процестерінің ұқсастығы уақыт бойында созылған және кейінге шегерілген. Ауадағы ЖРН қысқаша уақыт бойында жоғары түрде шоғырлануына алып келуі және адамға қауіпті мәнде болуы мүмкін, сонымен бірге бұл мәселе ауа бассейнінің жай-күйін суреттеу барысында қарастырылатын болады. Алайда топырақтың жай-күйі тұрғысынан алып қарағанда атап өтілген ауқымды түсулердің әсер етуі жоғары болады деп айту қиын. Топырақтағы ЖРН шоғырлануы бірнеше километрлік аралықта жоғары болуы болуы осы фактордың әсер етуімен түсіндіруге болады, қосымша дәлел ретінде олардың қысқаша кесінділердегі әркелкілік оның желмен тасымалдану әсерінен түсу жайлы көрінісіне сай келмейді.

«Атом» көлінің айналасындағы аймақтан беткі су жолдарымен радионуклидтердің таралуы. Желмен таралуға қарағанда, ЖРН беткі ағын сумен таралуы аумақтың радионуклидтік таралуы сипатына көзден едәуір алыстаған сайын қомақты

түрде өзгеруге қабілетті. Бұл, желдің екі еселі алаңдық таралуына байланысты және r арақашықтығы өскен сайын көздің аймақтағы мөлшері r^2 тепе-тең ұлғаяды. Бұл жел тасымалы екі өлшемді алаңдық ластануды құрайды және көздегі аралық алыстаған сайын аймақтың көлемі (аумағы) тепе-тең ұлғаяды. Осындай дәрежеде, өте тез, оларды тасымалдау есебінен пайда болған ЖРН мүмкін шоғырланулар төмендейді. Беткі ағын сумен тасымалдау бірінші жақындауда бірқалыпты және аралық артқан сайын аймақтың әсер ету көлемі (ұзындығы) r бірінші дәрежеде тепе-тең ұлғаяды. Сәйкесінше, желмен тасымалдау барысына қарағанда, қайта шегерілген радионуклидтердің шоғырлануы баяу азаяды. Дәріптелген теориялық жағдайда (ЖРН телімі арнасының ұстамайтын және сіңбейтін) мүмкін және радионуклидтердің кез-келген мөлшерін тасымалдауда еш жоғалтусыз, шектелмеген ұзақ арақашықтыққа ол кез-келген шоғырлануда тасымалдануы мүмкін.

Радионуклидтер ағын суда түрлі табу формаларында тасымалданады. Нақты формалардың көптігінен дерексіздендірілуі түбегейлі 2 түрлі жағдайға бөлуге болады: ерітіндідегі ЖРН (шынайы немесе коллоидті) және топырақтың ластанған бөліктерінің өлшемі түрінде.

Еріген күйдегі беткі ағын сулармен радионуклидтерді тасымалдау. Ластанған тау жыныстарының үйінді аймағында бұзылуы және еруі, радионуклидтердің сілтіленуі және олардың ерітіндіге өтуі белгілі бір уақытты қажет етеді, бұл процестің қарқындылығы, жарылыстан кейін минималды болуы және уақыт өте келе ұлғаюы мүмкін. Осылайша, қазіргі уақытта бұл процесті бұдан бұрынғы байқауға қарағанда ыңғайлы. Алайда, Шаған өз. суынан қазіргі уақытта алынып жатқан сынамаларда ^{137}Cs байқалмайды, ол аталған фактордың маңыздылығына күмән келтіреді. Бұл күмәніміз қосымша келесі ойлармен нақтыланады. ССП су нысандарында 1004 ұңғымада жарылыс өткізілген уақытта ядролық сынақтар өткізілген нысандар бар және жарылыс облысындағы ағын сулар орын алған жерлер бар – бұл «Дегелең» алаңының су шыққан штольнялары. Штольнядағы сынақтар жерасты камуфлетті жерасты жарылыстарын құрағандықтан, ал штольнядан ағып жатқан су, алдымен гермоэлементтер арқылы және бекітілген құрылғылар арқылы шығады, радионуклидтердің шығуы ластанған бөлшектердің өлшемі түрінде болмайды және еріген түрінде ғана мүмкін болады. Штольнядан шыққан ағын сулар жақсы зерттелген, арнаның бірінші километрінде ^{137}Cs шоғырлануы топырақта 3 есеге төмендейді, себебі ол топырақта жақсы сіңіріледі және сол себепті төмен жылыстау қабілетіне ие. «Дегелең» алаңының порталалды телімдеріндегі ылдиларда Шаған өз. алқабындағы жазықтық жағдайында бірнеше ондаған есе градусқа жоғары. Сәйкесінше, «Дегелең» алаңының ағын суларында ағыстың жылдамдығы бірнеше есе жоғары, ол радионуклидтердің одан әрі таралуына әсерін тигізеді. Және те, егер «Дегелең» алаңындағы ағын суларда арнаның бірінші километрінде ^{137}Cs толықтай дерлік қалатын болса, онда Шаған өз. ол бүтіндей алғашқы тілікте азырақ болып қалуы тиіс.

Айта кететін жайт, Шаған өз. суының сынамаларында ^{90}Sr радионуклидінің қозғалысы жылдамырақ болып келеді (бұл жайлы толығырақ – 2.2.2.т.). Осылайша, аталған фактор, сөзсіз жұмыс істейді және болашақта да жұмыс істейтін болады, бұл бұндай зерттеулердің одан әрі зерттелуін шарттайды. Шаған өз. бастапқы бөлігіндегі судан түрлі радионуклидтерді табу формасын зерттеу қажеттірек. Алайда, қазіргі уақытта радионуклидті ластану картинасын қалыптастырудың негізгі бір факторлары деп есептеуге қандай да бір негіз жоқ.

Радионуклидтерді беткі ағын сулармен ластанған заттектер өлшемі түрінде тасымалдау. Кез-келген ағын суда ағын бойымен төмен қарай омырылғыш материалды тасымалдау және кейінге шегеру процесі әрдайым болып тұрады. Осымен қатар, еңісі үлкен және ағымының жылдамдығы жоғары телімдерде ірі қиыршықты фракциялар - қиыршық тас және құмдар қалуы мүмкін, ағын судың баялаған телімдерінде – ұсақ қиыршықты алевритті және сазды фракциялар тұрақтауға қабілетті. Ағын су жоғалған (құрғап қалған) телімдерде суда орын алған барлық материал орнығуы тиіс. Сумен таралатын материалдың мөлшері оның құралу жылдамдығымен анықталады, басқаша айтқанда жел қаққан, су жиналатын маңайда тау жыныстарының бұзылуы.

1965 ж. қаңтарында 1004 ұңғымада болған экскавациялық жарылыс барысында бірден сумен тасымалдауға ыңғайлы қопсыған материал - топырақтың бөлшектері мен тау жыныстары пайда болды. Сол жылдың сәуір айында көктемгі су тасқыны кезінде шұңқыр сумен толып қалды және бөлінген материалдың ағыс бойымен таралу процесі басталды. Бұл уақытта Шаған өз. қарқынды жайылады және су арнаның барлық бөлігінде де орын алады. Осы кезеңде ағыс жолындағы материалдар көп мөлшерде қопсымалы болғандықтан, тасымалдаудың қарқыны жоғары болуы тиіс болатын – шамасы, өлшенген бөлшектердің көп болуы себепті су лайлы болуы мүмкін. Үйінді орын алған аймақтағы топырақтың ЖРН ластануы орын алғандықтан, бөлінген материалдарды тасымалдау олармен қоса радионуклидтерді тасымалдауы орын алды дегенге сайып келетін.

Радионуклидтердің таралуының аталған механизмі Шаған өз. жазығының радионуклидті ластануының анықтаушы көрінісі ретінде негізгі фактор болуға толығымен қабілетті. Осыған байланысты, ЖРН арна бойымен шоғырлануының өзгеріс кестесі суреттерде келтірілген (7-10 сурет) және келесі түрде жете түсіндіруге болады:

1. «Атом» көлінен алыстаған сайын жағалау топырақтарымен түптік шөгінділерде радионуклидтердің шоғырлануының төмендеуінің жалпы тенденциясы, арнаның алдыңғы телімдерінде оның бір бөлігі отыруы есебінен, өлшенген материалдың судағы құрамы азаюымен байланысты;
2. ЖРН шоғырлануының ауқымды түрде жоғарылауы және төмендеуі ағын судың ерекшеліктеріне байланысты – рельефтің еңісінің өзгерісі мен тұнатын материалдың мөлшері мен гранулометрия анықтайтын ағымның жылдамдығына байланысты;
3. Арнаның ұзындығы бойымен радионуклидтердің таралуының үздіксіздігі келесімен түсіндіріледі, тасымалдаудың алғашқы кезеңі көктемгі ағын су кезеңіне дәп келеді, ол кезде арна бойымен су болғандықтан ластанудың таралу жылдамдығы қарқынды. Егер экскавациялық жарылыс жазда жасалған болса, ол кезде «Атом» көлінен 12 км немесе 6 км аралықта су болмайтын (маусымға байланысты), ол кезде сурет басқаша болар еді – алғашқы бөлікте топырақтың ластануы жоғарырақ болуы тиіс болатын, ал одан әрі арна бойындағы топырақ таза болар еді.

Суретте көрсетілген (11-12 сурет), арна бойындағы көлденең жатқан ЖРН шоғырлану кестесі бізге 1965 ж. ағын судың ағысының сипатын көрсетуі мүмкін. Радионуклидтер жоғары шоғырланған нүктелерде, көп уақыт бойында маусым бойында

су болған болатын, шоғырланудың максимумы – осы сәтте арнаның негізгі өзегінің жағдайларына сәйкес. Егер аталған деректер дұрыс болса, екінші бейінде (12-сурет) арнаның орны соңғы 45 жылда өзгемеген, ал бірінші бейінде (11-сурет) арнаның негізгі өзегі 10–15 м солға қарай ығысқан.

ЖРН беткі ағын сулармен таралуының шамаланған механизмі жылыстау ерекшелігі жоғары емес радионуклидтердің қомақты аралықта жылыстау фактісімен жақсы түсіндіріледі. Бұл жерде қарама-қайшылық туындамайды, себебі қарқынды түрде ЖРН емес, онымен ластанған топырақ бөлшектері жылыстады деп болжанады.

Топырақтың тереңдігіне радионуклидтердің өтуінің және беткі шайылуының есебінен ландшафта радионуклидтердің ауқымды таралуы. Тереңдік бойында ЖРН таралуын зерттеу нәтижелерінен көрініп тұрғандай (13-сурет), радионуклидтердің шоғырлануы тереңдік бойымен жылдам төмендейді және негізінен ол беткі қабатта шоғырланған (0-10 см).

ЖРН бүйірлі жылыстауы үшін беткі қабаттың шайылуы есебінен аумақтың көп бөлігінде жағдайлар қолайсыз – жауын-шашынның буланудан асуы, жалпақ, тегістелген рельеф, айқын ағын сулардың жергілікті жерде болмауы (негізгі – Шаған өз. басқа). Жеке бір телімдерде рельефі үлкен еңістердегі жазықтықтың қабырғаларындағы бүйірлі жылыстау айқын көрінген болатын, алайда ол бұл көрініске толықтай әсер ете алуы мүмкін емес.

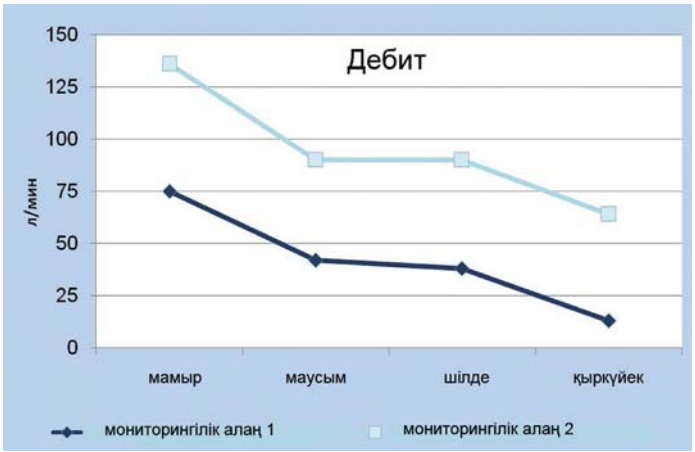
Топырақтың және түптік шөгінділердің радионуклидті ластануының қалыптасу біз бөліп қараған факторларының барлық жиынтығына өткізілген талдамадан, ауқымды атмосфералық түсулер ая ретінде және «ая бойынша сурет» ластанған топырақ бөлшектерінің өлшемі беткі ағын сумен тасымалдау негізгі фактор болып келеді деген келесі түйін шығаруға болады. Жылыстау қабілеті жоғары қасиетке ие жеке бір радионуклидтер үшін (^{90}Sr және, мүмкін, ^{241}Am) сонымен қатар олардың беткі ағын сумен еріген күйде тасымалдануы маңызды, ол жерүсті сулардың радионуклидті ластануын қарастыру барысында нақтырақ айтылатын болады (2.2.2 т.).

2.2. Жерүсті сулары

Шаған өз. арнасындағы сулардың құрамын зерттеу барысында, сынамаларды іріктеп алу «Атом» көлінің сыртқы су қоймасынан өзен суының шығар жеріндегі арақашықтыққа байланысты шартты түрде дифференцияланды.

Шаған өз. су жазғы уақытта арна бойымен толық болады. 2009 ж. зерттеу кезеңінде телімдерде су орын алған болатын: «Атом» көлінен 500-ден 800м-ге де дейін ұзындығы 20–30 м болатын және жалпақтығы 1–3 м болатын; «Атом» көлінен 2,5 км-ден 6 км-ге дейін – арнаның бойымен жалпақтығы 20–30 м; «Атом» көлінен 91 км аумақта ұзындығы шамамен 100 м болатын ағын су болды, жалпақтығы 11 м және тереңдігі 0,8 м-ге дейін.

Жазғы уақытта «Атом» көлінен 4,6 км және 500 м аралықта орналасқан мониторингілік алаң телімдерінде арнасты сулары дебитінің орташа мәні 13-тен 136 л/мин-ке дейін құбылады (14-сурет).



14-Сурет. Шаған өз. арнаасты сулары дебиті мәнінің өзгерісі

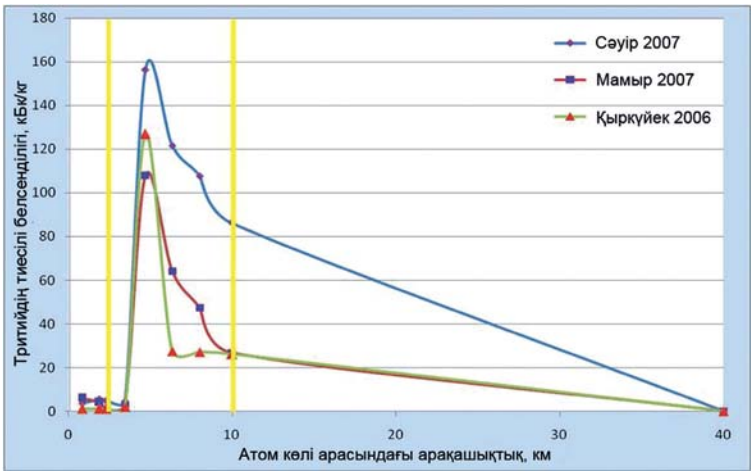
Өзен арнасының басқа телімдерінде беткі ағын су жоқ. Арна бойымен «Атом» көлінен 12 км-ге дейін қалың өсімдік жамылғысы жатыр, бұл беткі қабатқа жақын топырақасты сулары орын алған деген сөз.

Құрғап қалған арнаның сыртқы келбеті суретте көрсетілген (15-сурет).

15-Сурет. Шаған өз. құрғап қалған арнасының көрінісі

2.2.1. Шаған өз. суларындағы ^{3}H құрамы

2006–2009 жж. зерттеулердің нәтижелерінен байқалғаны, Шаған өз. суларында ^{3}H шоғырланудың жоғары дәрежесі орын алды. Шаған өз. беткі суларында ^{3}H таралу сипатын зерттеу үшін 2006 ж. «Атом» көлінен Ертіс өз. құйылысына дейін су сынамаларын іріктеп алу жұмыстары жүргізілді. Алдын ала зерттеу шеңберінде, «Атом» көлінен 40-км дейін өзеннің телімінен іріктеп алынған 2006–2007 жж. жерүсті суларының сынамалары ^{3}H құрамына талдамаланды. Жерүсті суларында ^{3}H таралуы зерттеу деректерінің нәтижелері бойынша суретте көрсетілген (16-сурет) (^{3}H бірден ұлғаюының тиесілі белсенділігі орын алған телім белгіленген).



16-Сурет. Шаған өз. суларда ^{3}H тиесілі белсенділігінің таралуы, 2006–2007 жж.

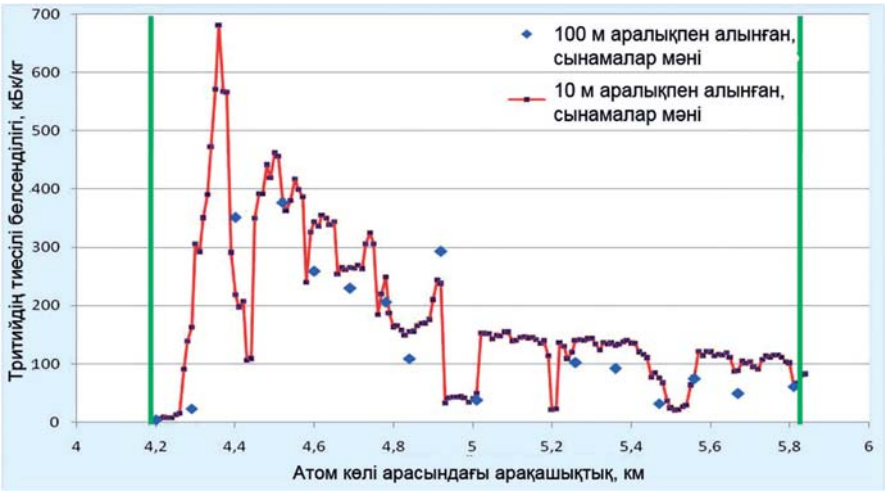
Өзеннің беткі суларындағы ^{3}H шоғырлануы оның ұзындығы бойында 10-нан $1{,}6*10^{5}$ Бк/кг-ге дейін өзгерген. Максималды мән «Атом» көлінен 4,7 км аралығында, минималды мән Шаған өзенінің Ертіс өзенімен тоғысқан тұста байқалды. Өзен телімінің 12-мен 38 км аралығында су сынамалары беткі ағын судың болмауы себепті алынған жоқ.

2008 жылы арнаның 6км –ге дейінгі, ал 2009 ж. «Атом» көлінен 12 км-ге дейінгі аралығы егжей-тегжейлі зерттелді. Су сынамаларын іріктеп алу ^{3}H құрамын анықтау үшін арна бойымен 100 м аралықта жасалды. ^{3}H тиесілі белсенділігінің таралуы «Атом» көлінен 12 км-гедейінгі аралықта зерттелуі суретте көрсетілген (17-сурет) (^{3}H тиесілі белсенділігінің қарқынды тербелісі орын алған телім анықталған).

17-Сурет. Шаған өз. арнасындағы ^{3}H тиесілі белсенділігінің мәні

Судағы ^{3}H тиесілі белсенділігі кең диапазонды мәнде ауытқиды. ^{3}H белсенділігінің шегі «Атом» көлінен 4 және 5 км аралықта жатыр. ^{3}H тиесілі белсенділігінің ауытқу

мәнінің сипаты «Атом» көлінен 4 және 6 км аралықта өте айқын болғандықтан, аталған аралықта ^{3}H тиесілі белсенділігіне жүргізілген егжей-тегжейлі зерттеулер аталған аралықта келтірілген. Арнаасты суларының сынамалары жасалды, нүктелер арасындағы арақашықтық 10 м құрады (18-сурет).



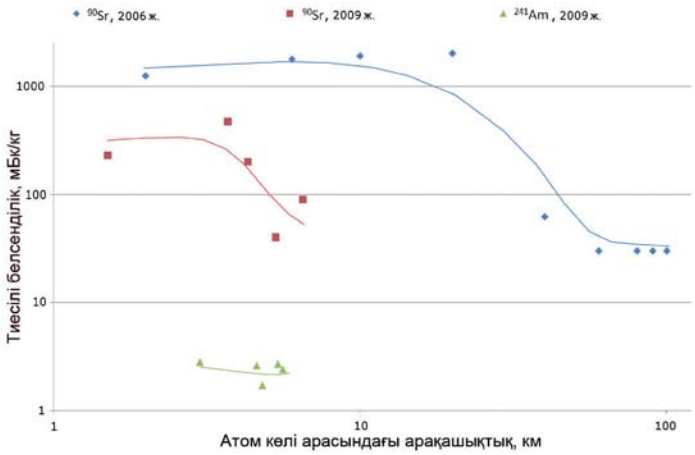
18-Сурет. «Атом» көлінен 4 және 6 км аралықтағы телімдегі Шаған өз. арнасындағы ^{3}H тиесілі белсенділігінің мәні

Зерттеулер нәтижесінде «Атом» көлінен 4,4 км аралықтағы ^{3}H тиесілі белсенділігінің максимумы анықталды, ол 680 кБк/кг-ны құрады.

Зерттелген телімдегі ^{3}H тиесілі белсенділігі секіртпелі түрде өзгереді, оның анық көрсетілген максимумы және минимумы бар. Бұндай таралудың себебі топырақасты суларының ағысы бар бірнеше телімдерде топырақасты және арнаасты сулары арасындағы су алмасу қиын жүйесі қызмет атқаруы мүмкін. Жалпы алғанда, тиесілі белсенділіктің төмендеу тенденциясы 6 км орын алған. Бұл жерде ^{3}H суда максималдыдан бірқатар төмен, алайда сонда да өте жоғары болып қала береді және РҚН-99 бойынша араласу деңгейінің шамасынан бірнеше есе жоғары, 7700 Бк/кг-ға тең болады. ^{3}H тиесілі белсенділігінің бірден төмендеуі орына алуына қарап, өзеннің аталған бөлігінде арнаасты суларының жүктемеленген салалары бар немесе ^{3}H ластанбаған топырақасты суларының ағысы бар. ^{3}H тиесілі белсенділігі мәнінің ұлғаю фактісі минималдыдан кейін («Атом» көлінен 6 км аралықта), сонымен бірге арна бойымен беткі қабатқа шығып жатқан топырақасты суларымен ^{3}H жылыстауын көрсетеді.

2.2.2. Шаған өз. суларындағы ^{90}Sr, ^{241}Am радионуклидтерінің құрамы

2006–2008 жж. өзен арнасы бойымен сынамаларды іріктеп алу және оларда ^{90}Sr тиесілі белсенділігін анықтау жұмыстары жүргізілді. Стронцийдің тиесілі белсенділігін анықтау үшін Ертіс өз. түскенге дейінгі 10 км аралықтағы арнаның ластану деңгейін алдын ала анықтау мақсатында сынамалар алынған болатын. Судың 5 сынамасында ^{241}Am радионуклидтерінің құрамын анықтау жұмыстары жүргізілді. ^{90}Sr, ^{241}Am тиесілі белсенділігінің мәні суретте көрсетілген (19-сурет).



19-Сурет. 2006 ж., 2009 ж. ^{90}Sr, 2009 ж. ^{241}Am тиесілі белсенділіктерінің мәні

^{90}Sr тиесілі белсенділігі 30 мБк/кг-нан 2000 мБк/кг—ға дейінгі мәнді құрады. Белсенділіктің максималды мәні «Атом» көлінен 2 км және 20 км аралықта байқалады. Алайда, 2009 ж. аталған телімде ^{90}Sr құрамы төмен екені байқалды. Шаған өз. суларындағы ^{90}Sr құрамына егжей-тегжейлі зерттеу 2009 ж. жүргізілген жоқ, арнадағы судың мөлшері талдама алуға жеткіліксіз болды. Өзен арнасының стронцийлік ластану сипатын алдын ала зерттеу қажет.

Зерттеулер нәтижесінде су сынамаларының бәрінен ^{241}Am изотопы анықталды. ^{241}Am тиесілі белсенділігі орташа 2,5 мБк/кг-ны құрайды. ^{241}Am радионуклидінің орын алуы оның топырақасты және жерүсті ағын сулармен ластану көзінен едәуір арақашықтыққа дейін жылыстау мүмкіндігі барын көрсетті. ^{241}Am өзеннің суына түптік шөгінділердің шайылуы есебінен түседі, олардың құрамында аталған радионуклидтің қомақты көлемі бар, алайда ^{241}Am топырақасты суларымен берілуі мүмкін. Табылу фактісі трансуранды радиоизотоптармен ластануын таралуын болжау мақсатында одан әрі зерттеуді қажет етеді.

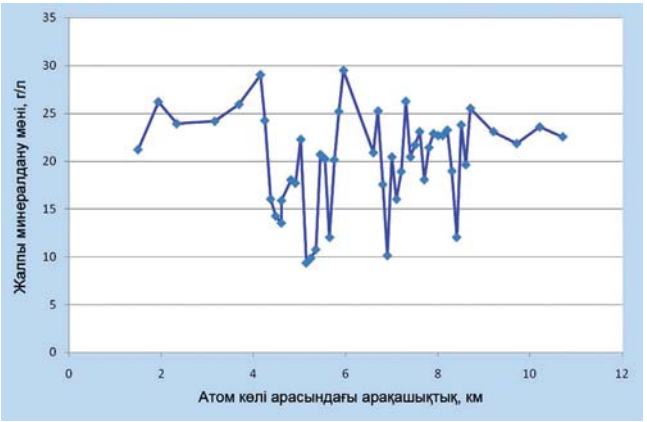
2.2.3. Шаған өз. суларындағы ^{137}Cs, ^{152}Eu, $^{239+240}$Pu радионуклидтерінің құрамы

Өзен арнасының зерттелген теліміндегі ^{137}Cs шоғырлануы өлшеу аспабының анықтау шегінен төмен деңгейде жатыр, ол 30 мБк/кг-ге тең. Зерттелген телімдегі $^{239+240}$Pu тиесілі белсенділігі өлшеу аспабының анықтау шегінен төмен деңгейде жатыр, ол 5 мБк/кг-ге тең. Су сынамаларының 5-де ^{152}Eu құрамын анықтау жұмыстары жүргізілді. Зерттелген сынамалардың көбінде ^{152}Eu тиесілі белсенділігі өлшеу аспабының анықтау шегінен төмен деңгейде жатыр, ол 0,8 мБк/кг-ге тең. Сынамаларды іріктеп алудың екі нүктесінде ^{152}Eu тиесілі белсенділігі 1,8 мБк/кг және 2,8 мБк/кг-ны құрайды.

2.2.4. Шаған өз. суларындағы макро- және микроқұрауыштардың құрамы

Шаған өз. суларындағы радионуклидтердің құрамын анықтаумен қатар катион-анионды құрамы, минералдануы және микроэлементтерінің құрамы анықталды.

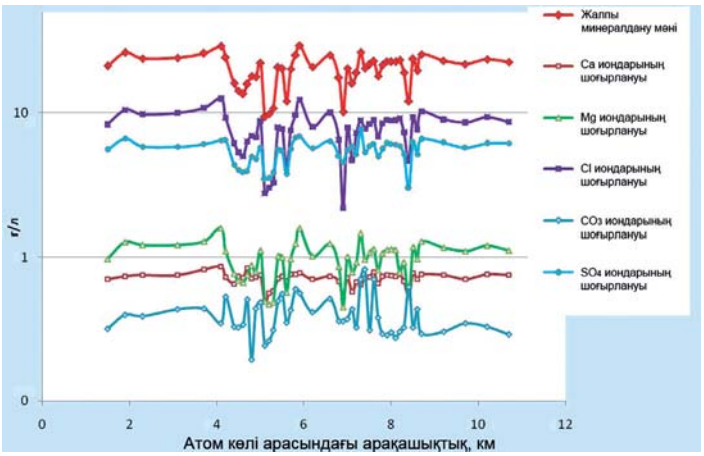
Өзен суының химиялық құрамын анықтау арна бойымен 7 км аралықта, «Атом» көлінен 1,5 км белгісінен бастап жүргізілді. Сынамаларды іріктеп алу 100 м аралықта жүргізілді. Өзен суларының минералдану деңгейінің өзгерісінің сипаты суретте келтірілген (20-сурет).



20-Сурет. Шаған өз. суларындағы жалпы минералдану мәні

Шаған өз. сулары зерттелген телімдердің бойында өте жоғары тұз құрамы бар. Жалпы минералдану мәнінің диапазоны 10 г/л-ден 30 г/л-ге дейін құрайды. В.И. Вернадскийдің жіктемелеуі бойынша сулар тұздылардың қатарына жатады (10-50 г/л).

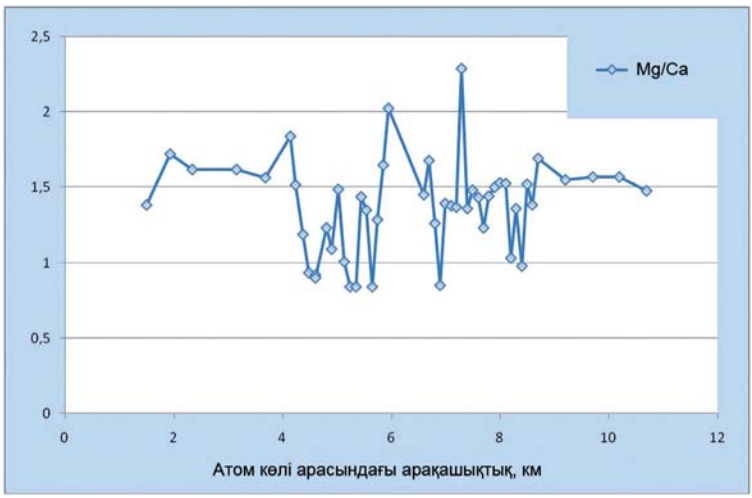
Өзен сулары құрамының негізгі макроқұрауыштарының шоғырлануының өзгеріс сипаты көбіне жалпы минералданудың мәнінің өзгеруіне сәйкес келеді (21-сурет).



21-Сурет. Арна бойымен Шаған өз. суының негізгі макроқұрауыштарының шоғырлануы

Өзен суларының негізгі макроқұрауыштардың шоғырлануы жалпы минералдануға ұқсас шоғырланады. Су құрамының катионды-аниондық, хлоридті-сульфатты, натрий-магнийлі *құрамы бойынша.*

Зерттелген арнаның бойымен магнийдің жоғары түрде шоғырлануы байқалады. Кальций және магний иондарының арақатынасы орташа 1:1,5 құрайды, ол табиғи суларға тән емес. Бұл көрініс аймақтық сипат алуы мүмкін, себебі «Балапан» алаңының топырақасты суларында магнийдің шоғырлануы кальций иондарының шоғырлануынан жоғары. Шаған өз. арнасы бойындағы Mg/Ca арақатынасы шамасының өзгерісі суретте көрсетілген (22-сурет).



22-Сурет. Шаған өз. суларындағы кальций және магний иондары құрамының арақатынасы

Шаған өз. суларында микроэлементті құрамын анықтау жұмысы жүргізілді. Микроэлементті құрамды анықтау үшін 67 су сынамасы іріктеп алынды, ол жерде 18 микроэлементтің шоғырлануы анықталды: Al, Cr, Ni, Cu, Zn, Cd, Ba, Pb, Co, Mn, U, Fe, Hg, Be, V, Se, As, Sr. Өлшеу аспаптарының анықтау шегінде жатқан Se, As, Sr, Hg, Cs, Be, Cd құрамы $C_{(Se, Sr, Hg, Cs, Be, Cd)}$<0,5 мкг/л, C_{As}<5мкг/л-де жатыр. Басқа ұсынылған 11микроэлементтер бойынша ортақ деректер кестеде берілген (2-кесте).

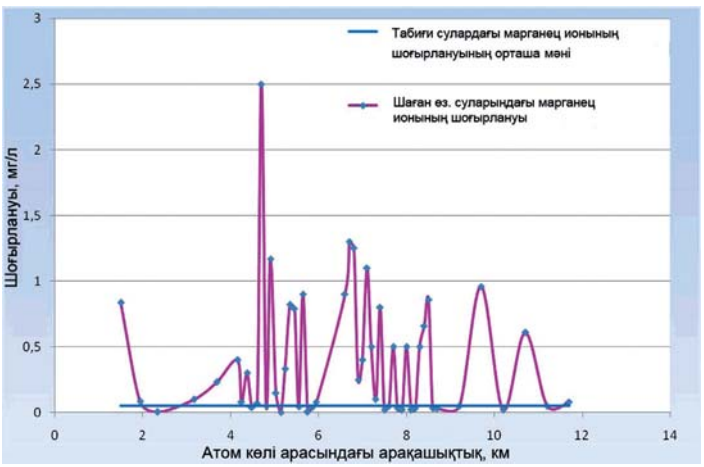
2-Кесте

Шаған өз. суларындағы микроқұрауыштардың құрамы, мкг/л

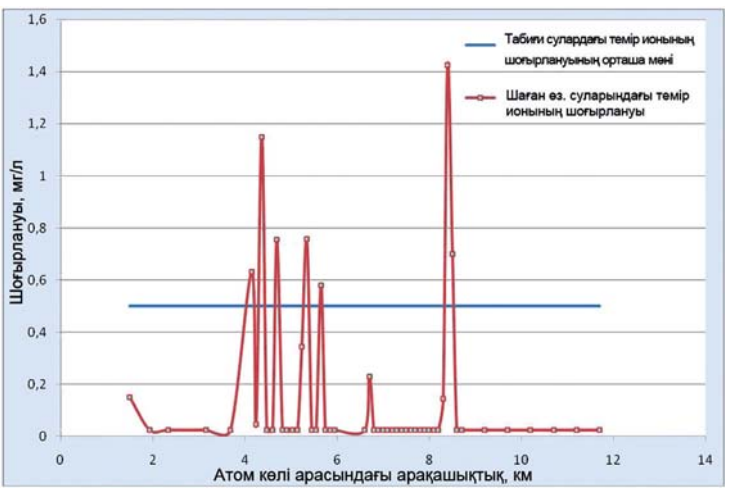
Микро-элемент	Минималды құрамы	Орташа мәні	Максималды мәні	Табиғи сулардағы орташа құрамы	Ауыз суға арналған ШРШ
Al	< 5	42,4	593	100-300	500
Cr	<1	3,75	83	n*10	500 (Cr^{3+}), 50 (Cr^{6+})
Ni	17,8	23,7	32,8	2-10	100
Cu	11,5	15,1	22,9	5-25	1000
Zn	<1	4,7	27,8	1-10	5000 (Zn^{2+})
Ba	7,0	15,4	28,4	~ 15	100
Co	<1	1,8	9,3	1-10	100
Mn	1,7	363	2500	~ 100	100

Микро-элемент	Минималды құрамы	Орташа мәні	Максималды мәні	Табиғи сулардағы орташа құрамы	Ауыз суға арналған ШРШ
Fe	25,0	132	1430	~ 500	300
V	2,6	21,7	50	1-5	100

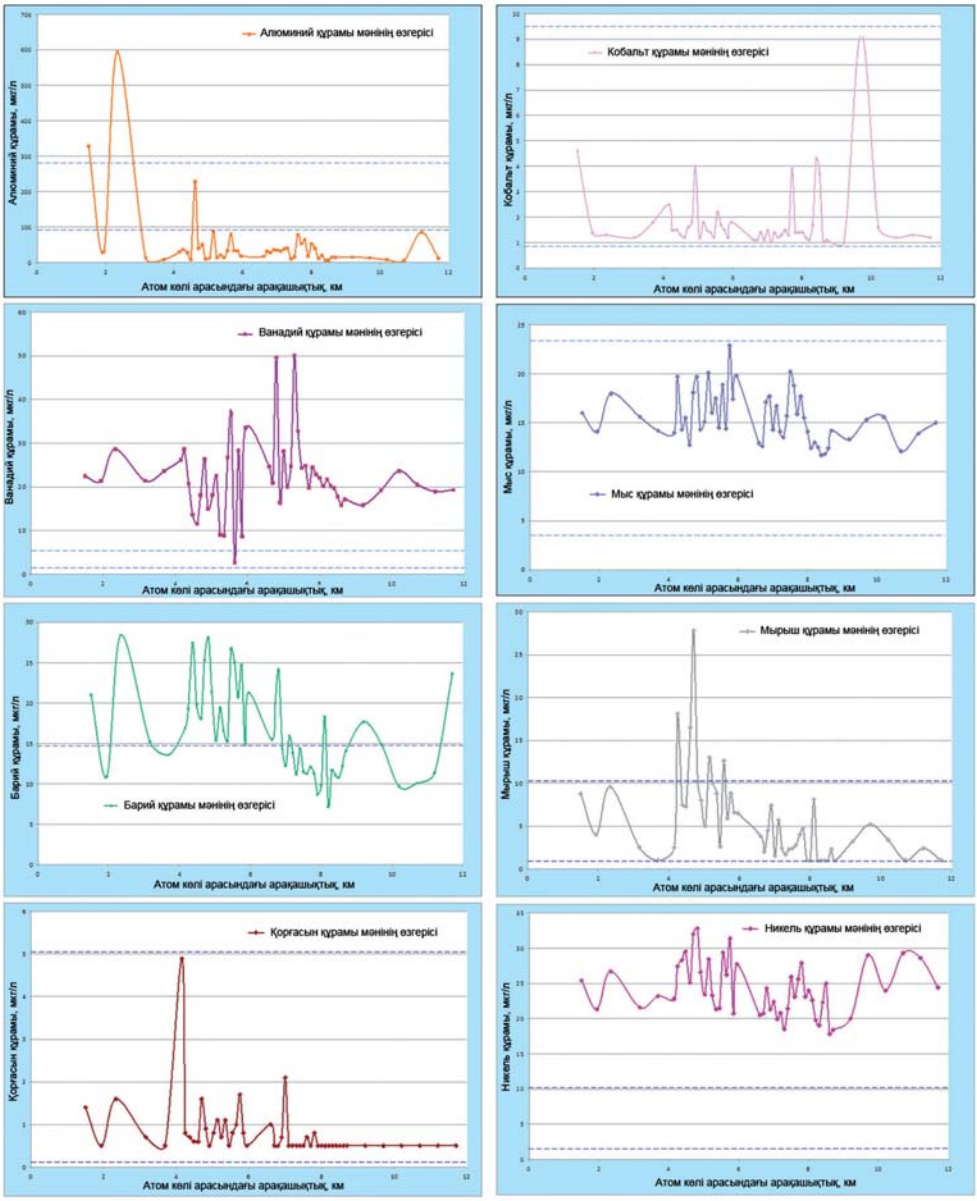
Зерттелген арна бойымен кейбір элементтерінің құрамы жоғары телімдер байқалды. Жеке бір телімдерде темір мен марганецтің шоғырлануы табиғи сулардағы орта мәннен бірнеше есе жоғары [5] (23–24 суреттер). Кейбір микроэлементтердің құрамының өзгерісі суретте келтірілген (25-сурет) (табиғи сулар үшін шоғырланудың орташа мәнінің диапазоны үзік сызықпен бекітілген).



23-Сурет. Шаған өз. суларындағы марганецтің құрамы

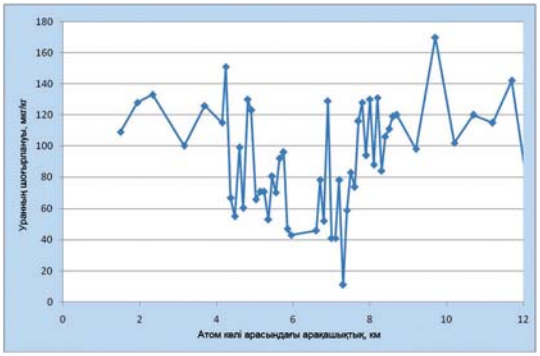


24-Сурет. Шаған өз. суларындағы темірдің құрамы



25-Сурет. Шаған өз. суларындағы микроэлементтердің құрамы

Ерекше назар уранның құрамына ауады, оның өзен суларындағы орташа шоғырлануы шамамен 100 мкг/кг-ны құрайды (26-сурет).

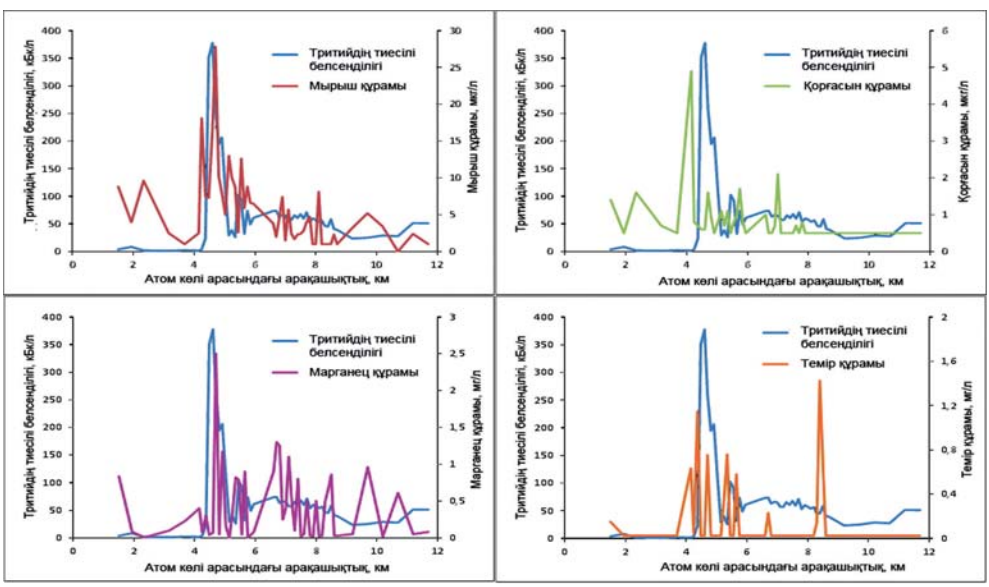


26-Сурет. Шаған өз. суларындағы уранның құрамы

Изотоптың табиғи қоспаларының тиесілі белсенділігіне қайта есептеу жасауда (^{238}U – 99,284%, ^{235}U – 0,711%, ^{234}U – 0,005 %) бұндай құрам шамамен 2,5 Бк/кг-ге сәйкес келеді. Осылайша, өзеннің суында уранның орын алуы Шаған өз. радиациялық аясына айқын үлесін қосады.

Шаған өз. суының өзіндік микроқұрауышты «суреті» болуы мүмкін. Табиғи сулардағы марганец, ванадий, барий, никель секілді элементтердің орташа құрамының едәуір артуы, сонымен қатар отраша мәнмен салыстырғанда алюминийдің орташа мәнінің төмендеуі оған тән болып келеді.

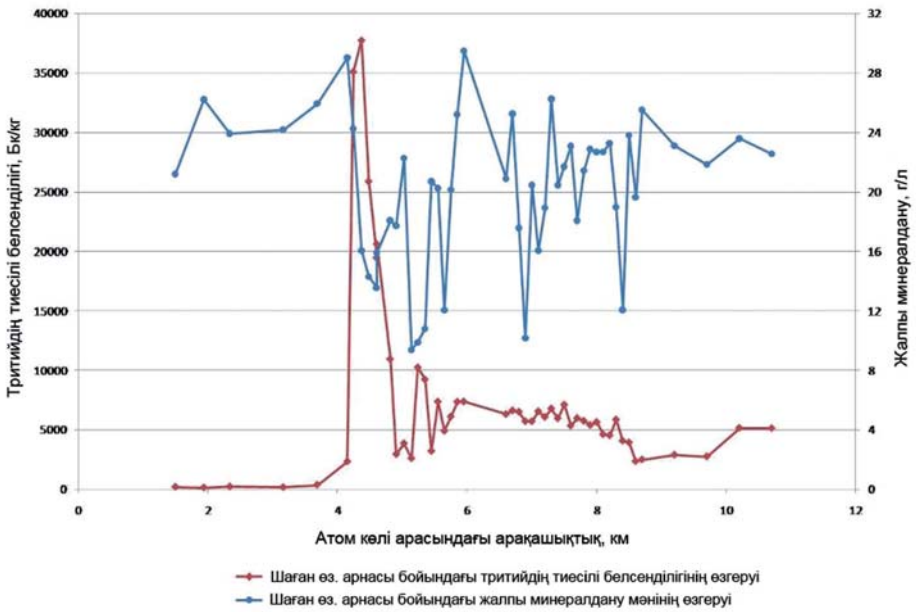
Жалпы алғанда, Шаған өз. суларындағы микроэлементтердің құрамының өзгерісі күрделі сипатта. Кейбір максималды мәнді нүктелер белігілі бір элементтердің қатарының құрамында ^{3}H тиесілі белсенділігінің максимум нүктелерімен сәйкес келеді, ол өзен арнасына түсетін көздердің бірі деп болжауға болады (27-сурет).



27-Сурет. Шаған өз. суларындағы кейбір микроэлементтердің ^{3}H шоғырлануының өзгерісі

2.2.5. Шаған өз. жерүсті суларының радионуклидті ластануының қалыптасу механизмі

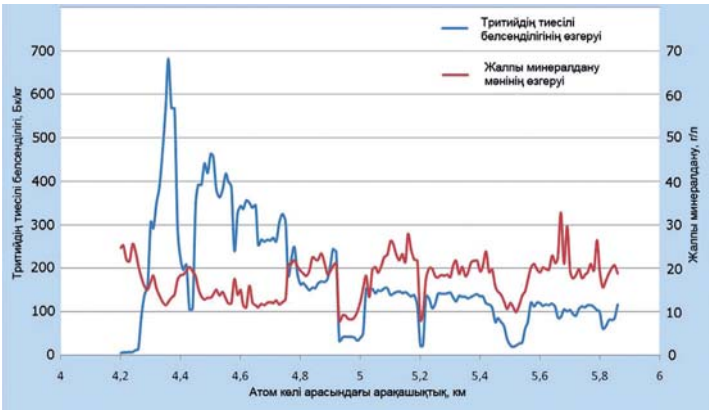
Шаған өз. суларының радионуклидті ластануының ықтимал жолдары ЖРН жағалау топырақтары мен түптік шөгінділерден шайылуы, сонымен қатар олардың жерасты суларымен түсуі болып табылады. Топырақ асты суларының жүктемелетін негізгі теліміне, «Атом» көлінен 4 км және 5 км аралықта жатқан телімдегі ^{3}H тиесілі белсенділігінің максималды мәніне тән. Бұл телімде судың жалпы минералдану мәнінің бір минимумы орын алған. Барлық зерттелген арна үшін кенеттен болған тербелістер минералданудың, сонымен қатар ^{3}H тиесілі белсенділігінің көрсеткіші ретінде қарастырылады, бұл жерүсті және топырақасты сулары арасындағы суайналысының күрделі жүйесін дәлелдейді (28-сурет).



28-Сурет. Шаған өз. суларындағы кейбір микроэлементтердің және ^{3}H шоғырлануының өзгерісі

Өзен суының негізгі макроқұрауыштары құрамының шоғырлану өзгерісінің сипаты көбіне жалпы минералданудың мәнінің өзгерісіне сәйкес және өзен арнасындағы топырақасты суларының жүктемелеудің бірнеше саласының болуын нақтылайды. Жалпы минералданудың минималды мәні бар нүктелер зерттеліп жатқан телім бойында («Атом» көлінен 9 км дейін) кездеседі, бұл топырақасты сулардың бірнеше жүктемелеу саласы болуы жайлы болжамды нақтылайды.

«Атом» көлінен 4 км және 6 км аралықтағы телімді жете зерттеу барысында, ^{3}H құрамы арасындағы және минералдануда –кейде оң, кейде теріс, алайда екі жағдайда да анық көрсетілген айқын корреляция анықталды. ^{3}H тиесілі белсенділігінің өзгеріс кестесінің проекциясы және «Атом» көлінен 4-6 км аралықтағы телімдердегі жалпы минералдануы суретте көрсетілген (29-сурет).



29-Сурет. «Атом» көлінен 4-6 км телімінің жалпы минералдануы және ^{3}H шоғырлануының өзгерісі

Арнаға жерасты суларының түсуінің бірнеше – минимум үш көзі бар деп болжауға болады:

- тұщы, атмосфералық жауын-шашындар есебінен пайда болатын, құрамында ^{3}H жоқ;
- орташа минералданған (~10 г/л) және, бірнеше метрлік тереңнен шығатын, құрамында ^{3}H бар, әскери ұңғымаларға жақын өтетін, омырылған аймақтардан түсуі мүмкін;
- жоғары минералданған, өте тереңнен шығатын. Олардың құрамында ^{3}H жоқ, олар омырулардың басқа жүйесі бойынша түсуі мүмкін.

4,2 км нүктесінде су түсудің 2 түрі жүріп жатыр – минералдану және ^{3}H құрамы секірмелі түрде өсуде.

Арна бойында орташа мәннен төмен төмен минералдану мәні бар телімнің бар болу фактісі минералдану төмен топырақ асты суларының жүктемесін дәлелдейді. Зерттеу нәтижелерінен, «Балапан» алаңындағы топырақасты суларында тұз құрамы орташа алғанда 10 г/л, ал Шаған өз. арнасына бұл сулардың түсуі минералдану деңгейінің көзге көрінетін бірден төмендеу әсерін тудырады. Бұның мүмкін болуы, егер назарға жалпы минералданудың фактісін алған жағдайда, Шаған өз. суларындағы негізгі иондардың шоғырлануы өте жоғары мәнге ие және кейбір телімдерде 30 г/л –ге жетеді. Тұзды құрамның бұлай шоғырлануы өзен суларына тән емес. Өзен суларының көбі 0,5–0,9 г/л шегінде минералданады.

Микроклиматты құрамның таралуы өзен арнасы бойымен тритиймен ластанудың таралу көрінісін толықтырады. Шаған өз. суларындағы химиялық құрамының микроқұрауыштарының таралуы зерттелген арна бойында күрделі су алмасу жүйесі орын алғанын дәлелдейді. Арнаға түрлі телімдерден химиялық құрамымен ерекшеленетін, топырақасты сулары түсуі мүмкін, ол жерде арна суларының ағуы орын алған, оған байланысты ^{3}H тиесілі белсенділігінің бірден төмендеуі және макро- мен микроқұрауыштардың аралықтарының шоғырлануы орын алған. Микроэлементтердің шоғырлануының бірден төмендеуі орын алған телімдер химиялық процесстерге байланысты. Мысалы, оттекті сулар темірлі минералдарды қышқылдандыру

қасиетіне ие. Нәтижесінде еквалентті темір үшваленттіге өтеді, ол қышқылдар мен гидроқышқылдарды түзеді. Оттегінсіз суларда қалпына келтірілген қалыптағы темір құрамы болады. Егер бұндай сулардың жылыстаушы жолдарында оттекті сулар немесе ауа оттегі кездессе оттекті бөгет пайда болады, ол жерде темірдің, марганецтің, күкірттің және басқа да элементтердің шоғырлануы мүмкін.

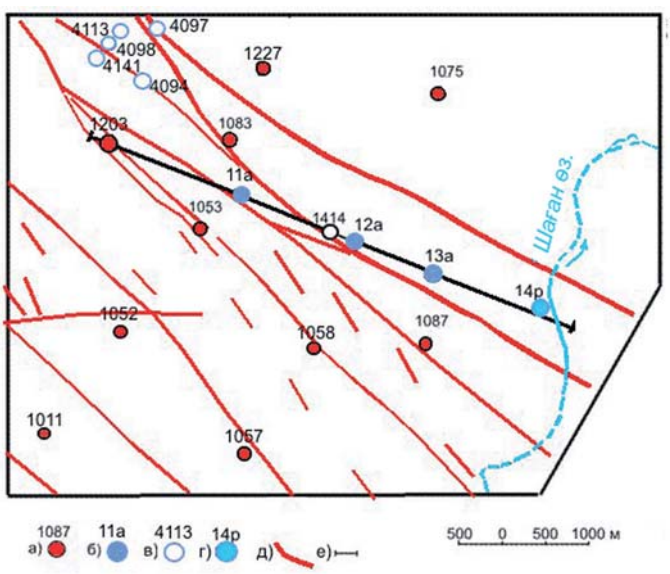
Радионуклидті ластанудың таралуын болжау үшін Шаған өз. арнасы бойын одан әрі зерттеу жұмыстарын жүргізу қажет, сонымен қатар 12 мен 38 км телімде маусымның көп бөлігінде ағын су болмайды және осы себепті аталған бөлік жеткілікті зерттелмеген.

2.2.6. Шаған өз. жерасты суларына ластанған ^{3}H түсу арнасын іздестіру бойынша жасалған қосымша зерттеулер

«Балапан» алаңының сулы қабатының ерекшелігіне тән нәрсе, оның аумағының көп бөлігінде сулы қабаты неогеннің суға төзімді сазының астында жатыр. Сазды қатпар қаттылығы жағынан, палезойлық іргетастың эрозиялық беті едәуір күрделі конфигурацияға ие. Суға төзімді саздың максималды қуаты 70 м-ге жетеді.

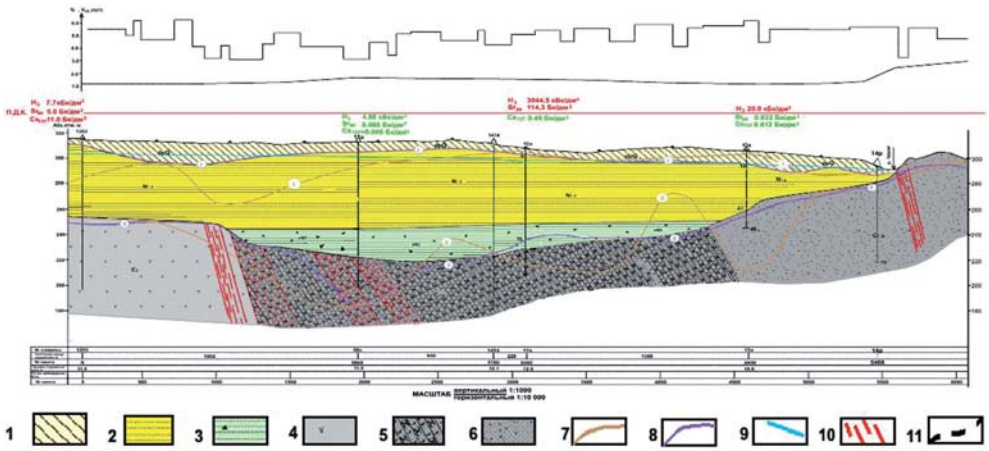
Жерастындағы сулы басейннің зерттеліп жатқан бөлігінде 1414 «әскери» ұңғыма ауданының орталығында еніс бар (34а-сурет). 1969–1974 жж. аталған телімде 7 жерасты ядролық жарылыстары жасалды және аталған еніс сақталынып қалған техногенді нуклидтердің «қоймасы» болуы мүмкін. Шаған өз. алқабында неогеннің суға төзімді сазы жоқ телімдер кездеседі. Бұл жерде сызаттық сулар жерүсті суларымен байланысқа түседі және Шаған өз. радиоактивті ластануының көзі болып табылуы мүмкін.

Аталған еністің ауданынан палеозойлық іргетаста электробарлау және сейсмобарлау бейіні өтілді, бірқатар гидрогеологиялық барлау ұңғымалары бұрғыланды (30-сурет).



а–г: ұңғымалар (а – әскери; б, в – гидрогеологиялық; г – режімдік);
д – тектоникалық бұзылулар; е - геолого-геофизикалық кесінділер желісі

30-Сурет. Ластану көзі ықтимал аумақтағы геолого-геофизикалық жұмыстар



Алынған деректер бойынша геолого-геофизикалық кесінді құрылды, ол «Балапан» телімінің зерттеліп жатқан ауданындағы геологиялық жағдайды анықтайды (31-сурет).

1 – төрттік құмдақ, сазды топырақ; 2 – неогенді саздар; 3 – мезозойдың желмен мүжілген қыртысы; 4 – таскөмірлі андезиттер; 5 – таскөмірлі құмдақтар және алевролиттер; 6 – таскөмірлі туф құмдақтар; 7 – қарсылық шекаралары: I – төрттік шөгінділердің етегі (30-600 Ом·м), II – неогенді саздар арасында (2-12 Ом·м) және іргетас жабыны (1000 Ом·м аса); 8 – жылдамдық сипаттамалары бойынша шекаралары: I – төрттік шөгінділердің етегі (1 км/с аса); II – іргетас жабыны (2,5 км/с аса); 9 – топырақасты суларының деңгейі; 10 – тектоникалық бөлшектеу аймақтары; 11 – экзогенді сызаттану аймағының болжанған етегі. Үстінде – шекаралық жылдамдық және орта жылдамдық кестелері (км/сек).

31-Сурет. Ластану көзі ықтимал аумақтағы геолого-геофизикалық кесінді

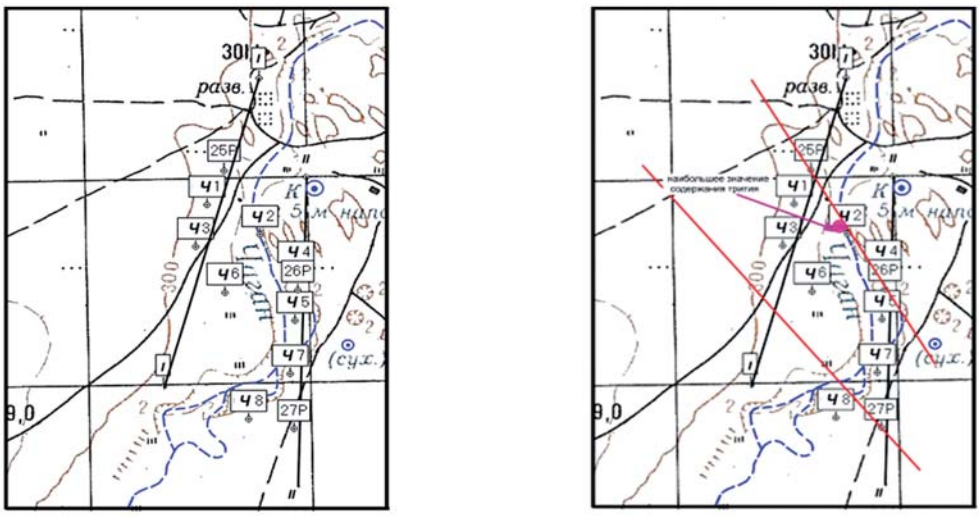
Шаған өз. алқабындағы неогенді саздың жіктемелену дерегі нақтыланды, ал су арынды және пьезометриялық деңгейі Шаған өз. жағына ылдиға төмендейтін деңгейі бар болғандықтан, аталған еңістен радионуклидтермен ластанған сулардың Шаған өз. арнаасты суларына және жерүсті суларына түсуі мүмкін. Бұрғыланған ұңғымалардан іріктеп алынған, су сынамалары біртіндеп бұл болжамды дәлелдейді (3-кесте). 12а ұңғымасында ^{3}H шоғырлануы 3 МБк/кг-нан аспайды, ол Шаған өз. суының құрамынан бірнеше есе жоғары және аталған ұңғыма радионуклидтердің жылыстау желісіне тап болғандеп есептеуге болады. Алайда, жылыстау желісінің іздері жоғалып кетеді: келесі ұңғымада – 13р – ^{3}H шоғырлануы екі есеге қатар төмендейді және Шаған өз. суларында оның құрамы едәуір төмен. Осылайша, егер болжанған желі аталған жерде орын алған болса, онда оның бағыты геолого-геофизикалық кесіндінің бағытымен сәйкес келмейді.

3-Кесте

Ұңғымаларды қолдану нәтижелері

Ұңғыма	Дебит, $м^3$/тәул.	Су сіңімділігі, $м^2$/тәул.	Су көкжиегі қабатының қуаты, м	Сіңіру шамасы, м/тәул.	^{3}H, кБк/кг	^{90}Sr, Бк/кг	^{137}Cs, Бк/кг
11а	86,40	3,00	50	0,060	4,98 ± 0,04	0,008 ± 0,003	< 0,005
12а	43,20	3,40	40	0,085	3045 ± 1	114 ± 6	0,46 ± 0,11
13а	3,12	1,96	40	0,049	20,0 ± 0,1	32 ± 13	0,012 ± 0,004

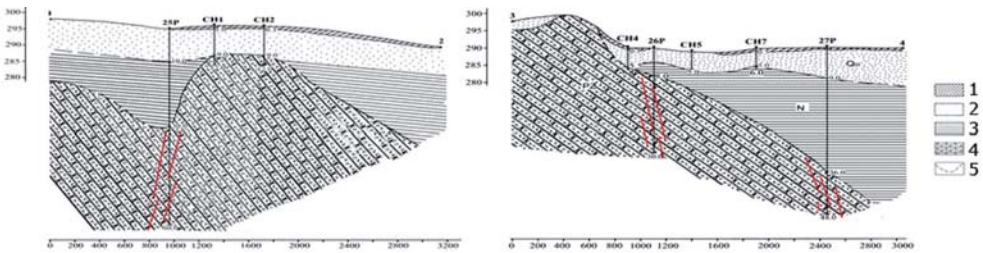
Болжанған көзден басқа ауданда, геолого-геофизикалық жұмыстар тікелей Шаған өз. ауданында да жүргізілді (32-сурет). I (сол жақ жағалау бойымен) және II (оң жақ жағалау бойымен) екі бейін бойынша, әрбірі 3 км ұзындықта, сынғыш және реф-рагирленген толқындар (50-100 м дейін тереңдікте зерттеу) әдістерімен өлшеу және тік электрлік шолу жұмыстары орындалды (70 м дейін тереңдікте зерттеу) [1, 2, 3].



а б

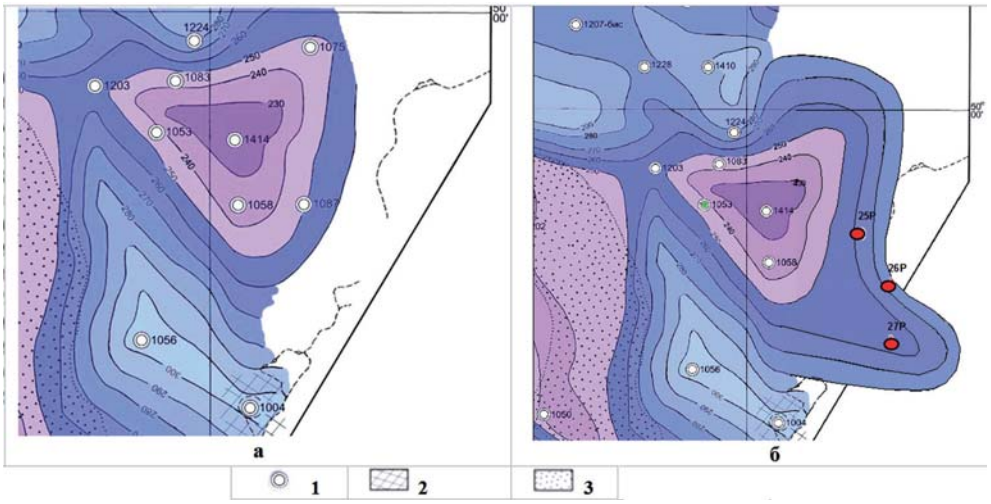
32-Сурет. Шаған өз. арнасына ^{3}H түсу ауданындағы геолого-геофизикалық жұмыстар:
а – бейіндер сұлбасы (I, II) 2009 ж. бұрғыланған ұңғымалармен;
б – сейсмобарлау деректері бойынша тектоникалық бұзылулар кестесі (қызыл сызықтар)

Жұмыс нәтижелері бойынша инженерлік-геологиялық кесінділер құрылды (33-сурет).



33-Сурет. Шаған өз. арнасына ^{3}H түсу ауданындағы инженерлік-геологиялық кесінділер:
а – I -I (сол жақ жағалау); б – II - II (оң жақ жағалау), 1 - саздақ; 2 - құмдар; 3 - саз; 4 – туфтықұмдақ; 5 – сейсмобарлау деректері бойынша неоген сазының шекарасы.

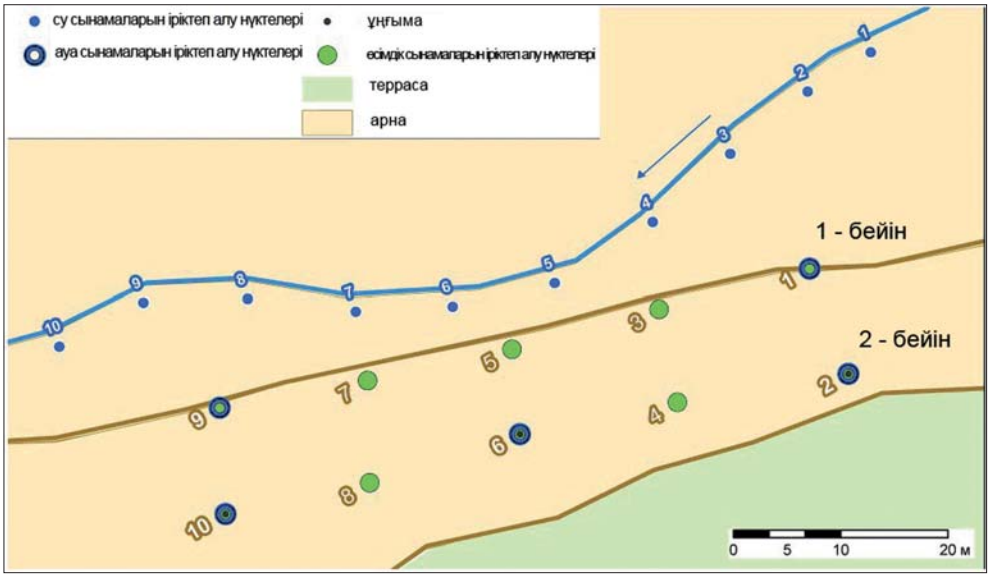
25Р, 26Р, 27Р ұңғымаларындағы тәжірибелік-сүзгілеу жұмыстарының нәтижелері Шаған өз. арнасының телімі бойымен үш километрлік телім шегінде палеозой іргетасы жынысының рельефін нақтылауға және су көкжиегі қабаты шатырының изогипс картасын толықтыруға мүмкіндік берді (34б-сурет).



34-Сурет. Балапан телімі. Су көкжиегі қабатының изогипс картасының үзіндісі:
а – 2007 ж.; б – 2009 ж. материалдар бойынша толықтырылған
1 – әскери ұңғымалар; 2 – саздар жоқ салалар (ықтимал дренаж);
3 – саздың негізіндегі суы мол құмдар.

Бұрғыланған ұңғымалардан алынған су сынамаларындағы ^{3}H жоғары құрамы (140 кБк/кг-ге дейін), Шаған өз. суларындағы шоғырланулармен салыстырмалы түрде, көзден басқа жаққа қарай, өзеннің арғы жағынан, екінші бейінде ғана анықталды. Бірінші бейінде көз жақтағы ^{3}H құрамы 0,8 кБк/кг-дан аспайды. Бұл дегеніміз, не радионуклидтердің түсетін желісі осы жерде жатқан жоқ (бұл жағдайда, оның жұмыстар орындалған жерден шығыс жаққа қарай табылуы), немесе сіңіргіштік қасиеті және ^{3}H шоғырлануы бойынша біркелкі емес және ұңғымалар аз сіңірілетін телімдерде жатқанын білдіреді.

«Атом» көлінен 4,3 км аралықтағы Шаған өз. ^{3}H құрамы орны алған топырақасты сулардың жүктемеленген аймағындағы ықтимал телімдердің бірінде (ұзындығы ~60 м) бұрғыланған ұңғымалардан алынған топырақасты сулардың талдама нәтижелері қызығушылық тудырады. Жаңа арнаға қатысты біршама жоғарырақ орналасқан «ескі» арнаның аумағында, ағын сумен қатар бір-бірінен 10 м арақашықтықта өсімдік, ауа және топырақасты сулардың сынамаларын іріктеп алу мақсатында 2 бейін (әрбірінде 5 нүктеден) орналастырылған. (35-сурет).



35-Сурет. Бейіндердің орналасу сұлбасы

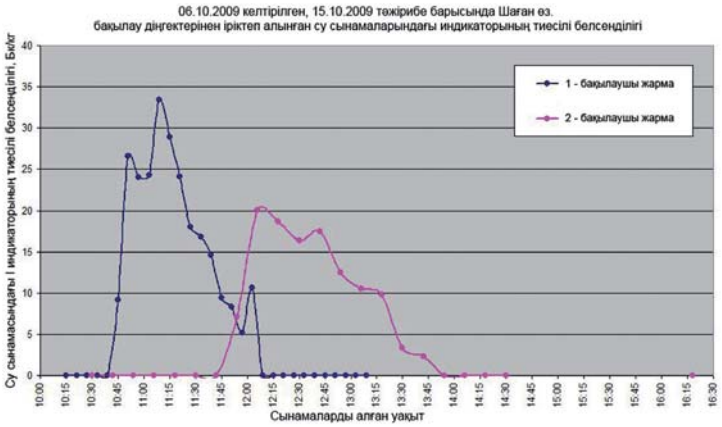
Екінші бейінде бұрғыланған С-2, С-6 және С-10 ұңғымаларында топырақасты суларындағы тритийдің шоғырлануы анықталды, олар: 14, 165 және 420 кБк/кг, сәйкесінше. Бұл, бірінші бейіннен іріктеп алынған (қазіргі арнаға жақын), арнаасты суларындағы ^{3}H құрамынан жоғары және аталған жерде Шаған өз. жерасты сулардың тритиймен ластанған желісі арқылы түсуіне болжам жасауға мүмкіндік береді.

Телімнің гидрологиясы жайлы қосымша деректер ^{131}I радиоактивті индикаторын пайдалану тәжірибесінен алынған. Индикатор ағынға жіберіледі, ал төменгі ағыс бойымен оның бақылау диңгектері арқылы өтуі байқалады. Бұндай тәжірибелердің нәтижелері бойынша арнадан судың жоғалу шамасын немесе арнаға судың түсуін бағалауға болады және осы жағдай орын алған нүктелерді оқшауандыруға болады.

2009 жылы Шаған өз. осындай түрдегі тәжірибе жасалды. Іске қосу диңгегі «Атом» көлінен 4,7 км арақашықтықта орналасты, алғашқы бақылау диңгегі ағыс бойымен – 68 м, екіншісі – 128 м арақашықтықта орналасты.

Іске қосу диңгегінде ағын суға ^{131}I индикаторының 0,9 МБк енгізілді. Бақылау диңгегі арқылы индикатордың өтуі іске қосылғаннан кейін 40 мин. соң басталды және 2 сағ. 10 мин. кейін аяқталды, бірінші бақылау диңгегінен барлығы шамамен жіберілген индикатордың 60 % өтті. Екінші индикатордан екінші бақылау диңгегі арқылы өту іске қосылғаннан кейін 1 сағ. 40мин. соң басталды және 3 сағ. 50 мин. кейін аяқталды, екінші бақылау диңгегінен барлығы шамамен жіберілген индикатордың 15 % өтті.

Гамма-спектрометриялық өлшеулер нәтижесінде су сынамаларынан алынған ^{131}I тиесілі белсенділігі анықталды. Өлшеулер нәтижесінде индикаторлық қисықтық көрсеткіші құрылды, олар суретте берілген (36-сурет).



36-Сурет. Шаған өз. индикаторлық тәжірибенің индикаторлық қисық шығыстары

Тәжірибелер жүргізу барысында алынған деректер ағын судың негізгі гидрологиялық сипатына есептеу жүргізуге мүмкіндік берді. Есептеу нәтижелері кестеде көрсетілген (4-кесте).

4-Кесте

Шаған өз. индикаторлық тәжірибе нәтижелері

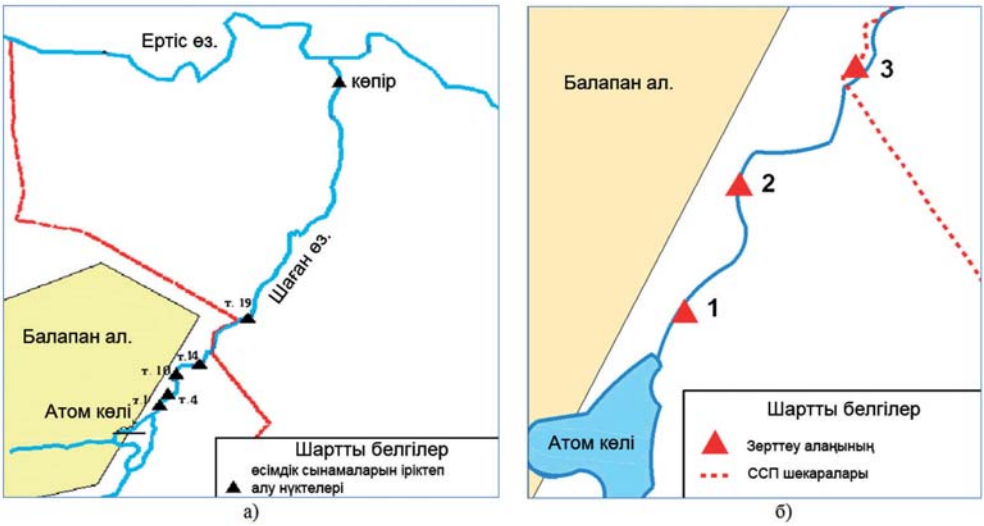
Діңгек	Өткен индикатордың мөлшері, МБк	Индикатордың алдыңғы фронтының қозғалысының жылдамдығы, м/мин	Арнадағы судың жоғалуы, л/мин	Арнаға судың түсуі, л/мин
Іске қосушы	0,90	-	-	-
1-бақылаушы	0,55	1,74	127	163
2-бақылаушы	0,14	1,25	270	6

Алынған нәтижелер бойынша, екінші бөлікте арнадан суды жоғалту екінші бөлікте ғана орын алған және ^{3}H жылыстау желісі бұл жерде орналасуы мүмкін емес. Бірінші бөлікте судың шығуы да, судың түсуі де орын алған және бұл жерде жылыстау желісінің орын алуы мүмкін емес. Аталған әдістеме дамыған сайын және жұмыс көлемінің жеткілікті дәрежесі жинақталған сайын Шаған өз. арнасының бастапқы бөлігін зерттеуге болады, судың ағысының барлық жерлерін анықтауға және одан әрі де осындай жерлердің әрбірін ^{3}H түсуі ықтимал нүкте ретінде қарастыруға болады. Әрине, онымен қатар басқа да жұмыстарды қоса атқаруға болады (сынамаларды іріктеу, геофизикалық зерттеулер және т.б.).

2.3. Өсімдік

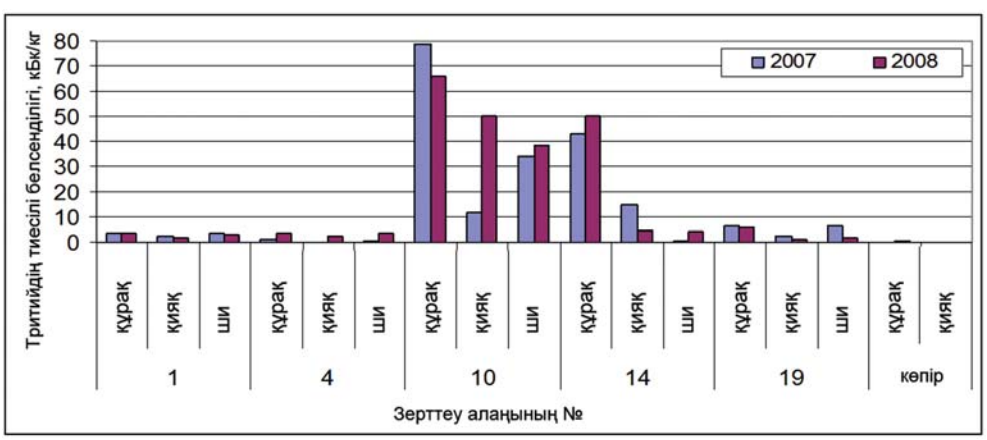
2.3.1. Өсімдік жамылғысының жай-күйі

Шаған өз. арнасы бойындағы өсімдіктердегі ^{3}H құрамының қарқыны мен параметрлерін зерттеу үшін 6 зерттеу алаңы салынды, оның әрқайсы ~100 м^{2} алаңды құрайды, оған Шаған өз. арнасының бөлігі енеді, террасаға жақын жатқан аумақ пен кемерлер де кіреді (37а-сурет).



37-Сурет. Орналасу сұлбасы: а)өсімдіктердің сынамаларын іріктеп алу нүктесі (2007 - 2008 жж.), б) мониторингілік алаңдар

2007–2008 жж. әрбір зерттеу алаңдарында кезең сайын өсімдік сынамалары іріктеп алынды. Тәжірибелік түрлер ретінде, арнаның аумағында көптеп таралған кейде кемерлерде өсетін өсімдіктер: суда өсетін құрақ (*Phragmites australis*), қияқ (*Leymus angustus*) және террасада өсетін ши (*Achnaterum splendens)* таңдап алынды. ^{3}H құрамы өсімдіктің жербеткі бөлігінде өсетін, бірден булану барысында бөлінген азат суда анықталды (t 200 ˚С-қа дейін). Талдамалардың нәтижелері гистограммада берілген (38-сурет).



38-Сурет. Өсімдіктің азат суындағы ^{3}H құрамы (2007–2008 жж.)

Алынған деректер нәтижесінің негізінде өсімдіктердегі ^{3}H құрамын одан әрі зерттеу үшін 3 мониторингілік алаң таңдап алынды (37 б-сурет). Зерттеліп жатқан өсімдік түрлерінің сынамаларын іріктеп алу жұмыстары сол жақ жағалау аймағында (№№1

және 2 мониторингілік алаңдарда) және оң жақ жағалау аймағында (№3 мониторингілік алаңда) ай сайын мамыр айынан тамыз айы аралығында жасалды. Барлығы 36 су сынамасы іріктеп алынды (әрбір алаңнан 3 сынамадан 4 рет). Зерттеліп жатқан өсімдік түрлерінің және мониторингілік алаңның жерүсті және арнаасты суларындағы ^{3}H талдамасының нәтижесі төмендегі кестеде келтірілген (5-гесте).

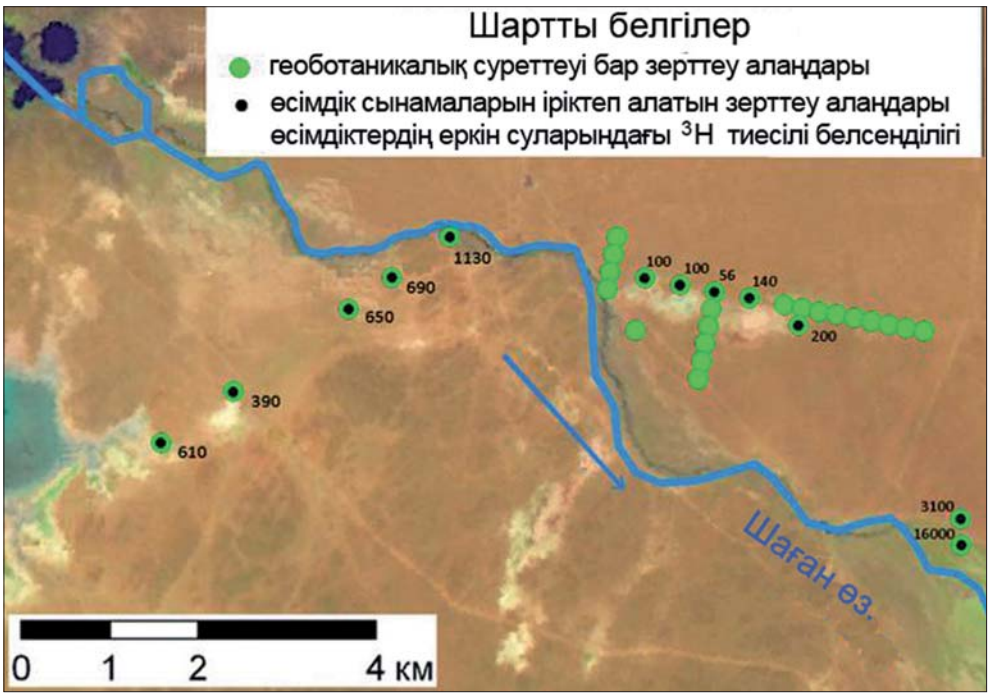
5-Кесте

Зерттеліп жатқан өсімдік түрлерінің азат суындағы және мониторингілік алаңның жерүсті және арнаасты суларындағы ^{3}H тиесілі белсенділігі

Іріктеп алу уақыты	мониторингілік алаңның №	^{3}H тиесілі белсенділігі, Бк/кг				
		Өсімдіктер			Сулар	
		құрақ	қияқ	ши	жерүсті	арнаасты
мамыр	1	(5,5±0,1)*10^{3}	(2,5±0,1)*10^{3}	(0,7±0,1)*10^{3}	(7,7±0,1)*10^{3}	(7,8±0,1)*10^{3}
	2	(1,0±0,1)*10^{5}	(0,6±0,1)*10^{5}	(0,6±0,1)*10^{5}	(1,9±0,1)*10^{5}	(2,6±0,1)*10^{5}
	3	(1,0±0,1)*10^{4}	(0,2±0,1)*10^{4}	(0,2±0,1)*10^{4}	(4,1±0,1)*10^{4}	(5,7±0,1)*10^{4}
маусым	1	(3,8±0,4)*10^{3}	(3,3±0,3)*10^{3}	(2,7±0,3)*10^{3}	(4,3±0,1)*10^{3}	(4,1±0,1)*10^{3}
	2	(1,0±0,1)*10^{5}	(0,6±0,1)*10^{5}	(0,7±0,1)*10^{5}	(1,4±0,1)*10^{5}	(1,2±0,1)*10^{5}
	3	(0,7±0,1)*10^{4}	(0,3±0,1)*10^{4}	(0,6±0,1)*10^{4}	(2,0±0,1)*10^{4}	(1,9±0,1)*10^{4}
шілде	1	(3,5±0,3)*10^{3}	(2,0±0,2)*10^{3}	(2,7±0,1)*10^{3}	(6,5±0,1)*10^{3}	(7,0±0,1)*10^{3}
	2	(0,7±0,1)*10^{5}	(0,5±0,1)*10^{5}	(0,4±0,1)*10^{5}	(2,0±0,1)*10^{5}	(1,4±0,1)*10^{5}
	3	(0,9±0,1)*10^{4}	(0,2±0,1)*10^{4}	(0,3±0,1)*10^{4}	(2,8±0,1)*10^{4}	(2,8±0,1)*10^{4}
тамыз	1	(4,0±0,4)*10^{3}	(2,6±0,3)*10^{3}	(2,9±0,3)*10^{3}	(6,0±0,1)*10^{3}	(6,5±0,1)*10^{3}
	2	(0,9±0,1)*10^{5}	(0,6±0,1)*10^{5}	(0,5±0,1)*10^{5}	(1,9±0,1)*10^{5}	(1,8±0,1)*10^{5}
	3	(0,5±0,1)*10^{4}	(0,1±0,1)*10^{4}	(0,1±0,1)*10^{4}	(3,2±0,1)*10^{4}	(3,2±0,1)*10^{4}

Алынған деректер негізінде өсімдіктердегі ^{3}H тиесілі белсенділігінің көп мәні № 2 мониторингілік алаңға тән, бұл жерүсті және арнаасты сулардың – негізгі ықтимал ластану көздерінде аталған радионуклидтің құрамы жоғары болумен шартталғаны анықталды (қалған 2 алаңға қатысты). Зерттеліп жатқан үш өсімдіктің ішінде ^{3}H ең жоғары шоғырлануы құрақта (*Phragmites australis*) байқалады, ол оның тікелей суда өсуіне байланысты болуы мүмкін.

^{3}H кеңістікте таралуын бағалау үшін Шаған өз. ауданындағы өсімдік жамылғысына жақын аумақтарда зерттеу жұмыстары жүргізілді. Шаған өз. ескі арнасының жиегі бойымен және оның оң жағалаулы аймағында арна теліміне қатар максималды ластанумен қатар 19 зерттеу арнасы орналастырылды, олардың әрқайсының өсімдік жамылғысы зерттелді, өсімдік қоғамдастығы, түрлік құрамы анықталды. Жеке бір алаңдарда өсімдік сынамалары ^{3}H құрамын анықтау үшін іріктеп алынды (барлығы өсімдіктің 12 сынамасы іріктеп алынды). Аталған ауамқтың зерттеу нысаны ретінде – ши (*Achnaterum splendens*) өсімдігі алынды. Суретте зерттеу нысандарының сұлбасы және өсімдіктің азат суындағы ^{3}H тиесілі белсенділігінің мәні келтірілген (39-сурет).



39-Сурет. Шаған өз. ауданындағы зерттеу нысандарының орналасу сұлбасы және өсімдіктің азат суындағы ^{3}H тиесілі белсенділігі

Шаған өз. ауданындағы өсімдік жамылғысындағы ^{3}H тиесілі белсенділігінің таралу дерегі бойынша өзенннің негізгі жерүсті ағын суының маңайындағы өсімдіктерде максималды құрамы байқалады және одан алыстаған сайын айқын төмендейді. ^{3}H тиесілі белсенділігінің бірнеше есе төмендеген мәні Шаған өз. жағалау аймағында байқалады, ол зерттеліп жатқан аумақтың топырақасты суларында аталған радионуклидтің (1 кБк/кг-дан аса) жоғары түрде шоғырлануы орын алғанын көрсетеді. ^{3}H тиесілі белсенділігінің қомақты өзгерісі Шаған өз. арнасынан 4 км арақашықтықта, терең төмендеген аймағында байқалады, бұл аталған телімнің гидрогеологиялық ерекшеліктеріне байланысты болуы мүмкін және аталған аумақтағы топырақасты суларында ^{3}H кеңістіктегі таралуы тұрғысынан белгілі бір қызығушылық тудырады.

2.3.2. Өсімдік жамылғысының ластану механизмі

Мониторингілік алаңнан алынған деректер негізінде өсімдіктер мен сулар арасында ^{3}H таралу механизмін бағалау үшін (4-кесте), өсімдіктердің азат суларындағы ^{3}H тиесілі белсенділігінің жерүсті және арнаасты сулардағы ^{3}H тиесілі белсенділігіне арақатынасы есептелген (6-кесте).

6-Кесте

Өсімдіктердің азат суларындағы ^{3}H тиесілі белсенділігінің жерүсті және арнаасты суларындағы ^{3}H тиесілі белсенділігіне арақатынасы

Сынамаларды іріктеп алу мерзімі	Өсімдіктердегі ^{3}H түсуінің ықтимал көздері	Мониторингілік алаңдар									Орташа
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	
		құрақ			қияқ			ши			
Мамыр	Жерүсті сулары	0,69	0,53	0,22	0,32	0,29	0,04	0,08	0,31	0,04	0,28
	Арнаасты сулары	0,68	0,38	0,16	0,32	0,22	0,03	0,08	0,22	0,03	0,24
Маусым	Жерүсті сулары	0,88	0,68	0,35	0,77	0,41	0,16	0,63	0,51	0,28	0,52
	Арнаасты сулары	0,93	0,79	0,37	0,80	0,48	0,16	0,66	0,59	0,29	0,56
Шілде	Жерүсті сулары	0,54	0,34	0,31	0,31	0,26	0,08	0,42	0,19	0,10	0,28
	Арнаасты сулары	0,50	0,49	0,31	0,29	0,37	0,08	0,39	0,28	0,10	0,31
Тамыз	Жерүсті сулары	0,67	0,48	0,15	0,43	0,35	0,03	0,48	0,29	0,02	0,32
	Арнаасты сулары	0,62	0,49	0,15	0,40	0,36	0,03	0,45	0,29	0,02	0,31
Орташа		0,69	0,52	0,25	0,46	0,34	0,08	0,40	0,34	0,11	0,35

Жасалған есептеулердің нәтижесі бойынша барлық мониторингілік алаңдар үшін барлық зерттеу өткізілген кезең бойында (мамыр айынан тамыз айына дейін) ^{3}H барлық зерттелетін өсімдік түрлеріне түсуіне жерүсті және арнасты сулары бірдей үлестік қатынасқа түседі.

Өсімдіктер мен сулар арасындағы ^{3}H таралуының тұрақтылығына қатысты жерүсті және арнасты суларындағы ^{3}H түрлі шоғырлану жағдайы сақталады. Осылай, № 1 және № 2 мониторингілік алаңдарда өсімдіктер мен сулар арасындағы ^{3}H таралуының үлестік мәні 0,51 және 0,40 сәйкес. Өсімдіктегі ^{3}H түсуінің кейбір төмендеуі №3 мониторингілік алаң үшін (орташа есептік мәні 0,15) байқалады, бұл Шаған өз. оң жағалаулы аймағына топырақасты таза сулардың қосымша ағып келуімен шартталған. Өсімдіктерге ^{3}H түсу қарқындылығының артуы маусым айында жақсы байқалады, ол метеорологиялық жағдайларға байланысты болуы мүмкін, мысалы түскен жауын-шашынның сипатына байланысты.

Өткізілген есептеулердің нәтижелерінен құраққа (*Phragmites australis*) ^{3}H көбірек түсу фактісін дәлелдейді (орташа есептік мәні 0,49). Ал ши (*Achnaterum splendens*) мен қияқта (*Leymus angustus*) ^{3}H түсуінде қомақты мән байқалмайды – орташа есептік мәндері 0,29 және 0,28 сәйкесінше.

Шаған өз. экожүйесіндегі өсімдіктерде ^{3}H орташа құрамы шамамен жерүсті және арнаасты суларындағы аталған радионуклидтің үштен бірін құрайды.

2.4. Ауа бассейні

2.4.1. ^{137}Cs, ^{241}Am, ^{60}Co, ^{152}Eu, ^{154}Eu, ^{90}Sr, $^{239+240}$Pu техногенді радионуклидтары бойынша ауа бассейнінің жай-күйін бағалау

Шаған өз. жазығында ауа ортасының негізгі ластаушысы болып ^{3}H табылады, Шаған өз. ауданында ^{137}Cs, ^{241}Am, ^{60}Co, ^{152}Eu, ^{154}Eu, ^{90}Sr, $^{239+240}$Pu ауа сынамаларын тікелей өлшеу жұмыстары жүргізілген жоқ. Ауа бассейнінің осы ЖРН бойынша жай-күйі Шаған өз. телімінің жағалау топырақтары мен «Атом» көлінің айналасындағы топырақ үйіндісі

аймағынан радионуклидтерді желмен тасымалдау процесін үлгілеу негізінде теориялық жағымен бағаланады. Басқаша айтқанда ең нашар сценарий бейнеленеді, оның барысында желдің бағыты «Атом» көлінен келетін бағытты қарсы алады, осының барысында желдің кез-келген басқа бағытында үлкен ЖРН шоғырлануы құрылады.

Шаң, топырақтың бетінде желдің әсерінен түзіледі және атмосфераға түрлі қарқынмен түседі [9]. Екінші қайта бөлініп шығудың бірінші кезеңі болып жамылғы топырақтан бөлшектердің көтерілуі болып табылады. Бұл процесс желдің көтерілу коэффициентінің көмегімен бағаланады. Беткі жамылғы қабаттан ұзақ өмір сүруші радионуклидтердің желмен көтерілу қарқыны көп параметрлерге байланысты, олар: топырақтың беткі қабатының радиоактивті ластану деңгейі, топырақтың физико-химиялық сипаттамасы, өсімдік жамылғысы, микрометеорологиялық параметрлер. Қазіргі уақытта жоғарыда аталған параметрлердің желдің көтерілу қарқынына байланыстылығы жеткіліксіз зерттелген. Аталған жағдайда желдің көтерілу коэффициенті төмендегідей бағаланады [9]:

$$\alpha = \frac{2 \cdot 10^{-10}}{z_0^{1,4}};$$ бұл жерде

α – желдің көтерілу қарқыны, 1/с;
z_0 – беткі жамылғы қабаттың кедір-бұдырлығының биіктігі, см.

Желдің көтерілуі мен оның қоспаларын одан әрі тасымалдаумен шартталған, радионуклидтердің беткі көлемдік белсенділігін (КБ) есептеу, жартылай эмпириялық теңдеу бойынша турбулентті диффузия теориясын пайдалана отырып жүргізілді [9].

$$q(x,y,z) = \frac{aA}{\sqrt{2\pi}\,(1+m)k_1 b_y x^{2}}\, exp\left(-\frac{y^2}{2b_y^2 x^2} - \frac{u_1(z^{1+m}+z_0^{1+m})}{(1+m)^2 k_1 x}\right) I_0\left[\frac{2u_1(zz_0)^{\frac{1+m}{2}}}{(1+m)^2 k_1 x}\right]$$, бұл жерде (1) [9]

α – желдің көтерілу қарқыны, 1/с;
A – ластанудың беткі тығыздығы, Бк/м^2;
m – атмосфераның тұрақтылығын сипаттайтын, параметр;
$к_1$ – $z=z_1$ барысындағы турбулентті диффузия коэффициент, м^2/с;
by=0,08 –эмпириялық константа;
u_1 – z_1=1 м биіктіктегі желдің жылдамдығы;
I_0 –Бессель функциясы;
z_0 – беткі жамылғы қабаттың кедір-бұдырлығының биіктігі, м;
z – көздің биіктігі, м;
x – көз арасындағы арақашықтық, м.

Жасанды радионуклидтердің ауадағы жер беткі көлемдік белсенділігін анықтауға арналған алғашқы деректер төмендегі кестеде келтірілген (6-кесте – 7-кесте)

7-Кесте

«Атом» көлінің топырақ үйілген аймағындағы максималды радиациялық параметрлер мәні

Топырақтың беткі қабатындағы радионуклидтердің тиесілі белсенділігі, Бк/кг						
^{241}Am	^{137}Cs	^{60}Co	^{152}Eu	^{154}Eu	^{90}Sr	$^{239+240}$Pu
1000	12000	15000	21000	13000	10000	3500

8-Кесте

Көлемдік белсенділіктің орташа жылдық есебін анықтауға арналған алғашқы деректер

m	k_1, м^2/с	u_1, м/с	I_0	z_0, м	z, м	α, 1/с	b_y
2,1	0,2	4	1	0,1	1	$7{,}5\cdot10^{-11}$	0,08

Келесі кестелерде «Атом» көлінен түрлі арақашықтықта 1 м биіктіктегі ауадағы жасанды радионукидердің орташа жылдық есебінің нәтижелері ұсынылған, топырақ үйілген аймақтан желдің тасымалдануына байланысты (8-кесте), Шаған өз. бұдан бұрыңғы телімінен желмен тасымалдануы (9-кесте) және екі құрауыштың көлемдік тиесілі белсенділгінің жиынтығымен шартталған (10-кесте).

9-Кесте

«Атом» көлінің айналасындағы топырақ үйілген аймақтан желдің тасымалдауымен шартталған, 1м биіктіктегі техногенді радионуклидтердің орташа жылдық көлемдік белсенділігі

x, км	Орташа жылдық көлемдік белсенділік, Бк/м^3						
	^{241}Am	^{137}Cs	^{90}Sr	$^{239+240}$Pu	^{60}Co	^{152}Eu	^{154}Eu
0,05	$2{,}41\cdot10^{-3}$	$3{,}67\cdot10^{-2}$	$2{,}45\cdot10^{-2}$	$8{,}22\cdot10^{-3}$	$3{,}57\cdot10^{-2}$	$5{,}08\cdot10^{-2}$	$3{,}23\cdot10^{-2}$
0,1	$1{,}20\cdot10^{-3}$	$1{,}83\cdot10^{-3}$	$1{,}23\cdot10^{-2}$	$4{,}11\cdot10^{-3}$	$1{,}79\cdot10^{-2}$	$2{,}54\cdot10^{-2}$	$1{,}61\cdot10^{-2}$
0,2	$6{,}02\cdot10^{-4}$	$9{,}17\cdot10^{-3}$	$6{,}13\cdot10^{-3}$	$2{,}06\cdot10^{-3}$	$8{,}93\cdot10^{-3}$	$1{,}27\cdot10^{-2}$	$8{,}06\cdot10^{-3}$
0,5	$2{,}41\cdot10^{-4}$	$3{,}67\cdot10^{-3}$	$2{,}45\cdot10^{-3}$	$8{,}22\cdot10^{-4}$	$3{,}57\cdot10^{-3}$	$5{,}08\cdot10^{-3}$	$3{,}23\cdot10^{-3}$
1	$1{,}20\cdot10^{-4}$	$1{,}83\cdot10^{-3}$	$1{,}23\cdot10^{-3}$	$4{,}11\cdot10^{-4}$	$1{,}79\cdot10^{-3}$	$2{,}54\cdot10^{-3}$	$1{,}61\cdot10^{-3}$
2	$6{,}02\cdot10^{-5}$	$9{,}17\cdot10^{-4}$	$6{,}13\cdot10^{-4}$	$2{,}06\cdot10^{-4}$	$8{,}93\cdot10^{-4}$	$1{,}27\cdot10^{-3}$	$8{,}06\cdot10^{-4}$
5	$2{,}41\cdot10^{-5}$	$3{,}67\cdot10^{-4}$	$2{,}45\cdot10^{-4}$	$8{,}22\cdot10^{-5}$	$3{,}57\cdot10^{-4}$	$5{,}08\cdot10^{-4}$	$3{,}23\cdot10^{-4}$
10	$1{,}20\cdot10^{-5}$	$1{,}83\cdot10^{-4}$	$1{,}23\cdot10^{-4}$	$4{,}11\cdot10^{-5}$	$1{,}79\cdot10^{-4}$	$2{,}54\cdot10^{-4}$	$1{,}61\cdot10^{-4}$
15	$8{,}02\cdot10^{-6}$	$1{,}22\cdot10^{-4}$	$8{,}17\cdot10^{-5}$	$2{,}74\cdot10^{-5}$	$1{,}19\cdot10^{-4}$	$1{,}69\cdot10^{-4}$	$1{,}08\cdot10^{-4}$
20	$6{,}02\cdot10^{-6}$	$9{,}17\cdot10^{-5}$	$6{,}13\cdot10^{-5}$	$2{,}06\cdot10^{-5}$	$8{,}93\cdot10^{-5}$	$1{,}27\cdot10^{-4}$	$8{,}06\cdot10^{-5}$
РЖОКБ, Бк/м^3	$2{,}1\cdot10^{-1}$	$1{,}7\cdot10^{3}$	$3{,}3\cdot10^{2}$	$3{,}2\cdot10^{-2}$	$8{,}3\cdot10^{2}$	$2{,}1\cdot10^{2}$	$1{,}6\cdot10^{2}$

10-Кесте

Шаған өз. бұдан бұрынғы телімінен желдің тасымалдауымен шартталған, 1м биіктіктегі техногенді радионуклидтердің орташа жылдық көлемдік белсенділігі

x, км	Орташа жылдық көлемдік белсенділік, Бк/м^3				
	^{241}Am	^{137}Cs	^{60}Co	^{152}Eu	^{154}Eu
0,05	$3{,}42\cdot10^{-3}$	$9{,}81\cdot10^{-2}$	$2{,}10\cdot10^{-2}$	$4{,}04\cdot10^{-2}$	$1{,}71\cdot10^{-2}$
0,1	$2{,}58\cdot10^{-3}$	$7{,}62\cdot10^{-2}$	$1{,}81\cdot10^{-2}$	$4{,}25\cdot10^{-2}$	$1{,}67\cdot10^{-2}$
0,2	$2{,}33\cdot10^{-3}$	$4{,}13\cdot10^{-2}$	$9{,}59\cdot10^{-3}$	$2{,}54\cdot10^{-2}$	$9{,}59\cdot10^{-3}$
0,5	$3{,}67\cdot10^{-3}$	$4{,}51\cdot10^{-2}$	$1{,}26\cdot10^{-2}$	$5{,}0\cdot10^{-2}$	$2{,}57\cdot10^{-2}$
1	$3{,}17\cdot10^{-3}$	$4{,}67\cdot10^{-2}$	$1{,}72\cdot10^{-2}$	$3{,}21\cdot10^{-2}$	$1{,}28\cdot10^{-2}$
2	$1{,}42\cdot10^{-3}$	$3{,}02\cdot10^{-2}$	$6{,}84\cdot10^{-3}$	$1{,}48\cdot10^{-2}$	$7{,}34\cdot10^{-2}$
5	$3{,}34\cdot10^{-3}$	$1{,}43\cdot10^{-1}$	$1{,}46\cdot10^{-2}$	$2{,}21\cdot10^{-2}$	$1{,}12\cdot10^{-2}$
10	$1{,}0\cdot10^{-3}$	$1{,}03\cdot10^{-2}$	$2{,}0\cdot10^{-3}$	$2{,}67\cdot10^{-3}$	$1{,}67\cdot10^{-3}$
15	$2{,}50\cdot10^{-3}$	$1{,}44\cdot10^{-1}$	$5{,}84\cdot10^{-3}$	$8{,}09\cdot10^{-3}$	$2{,}75\cdot10^{-3}$
20	$1{,}25\cdot10^{-3}$	$1{,}22\cdot10^{-2}$	$1{,}25\cdot10^{-3}$	$1{,}33\cdot10^{-3}$	$1{,}0\cdot10^{-3}$
РЖОКБ, Бк/м^3	$2{,}1\cdot10^{-1}$	$1{,}7\cdot10^{3}$	$8{,}3\cdot10^{2}$	$2{,}1\cdot10^{2}$	$1{,}6\cdot10^{2}$

11-Кесте

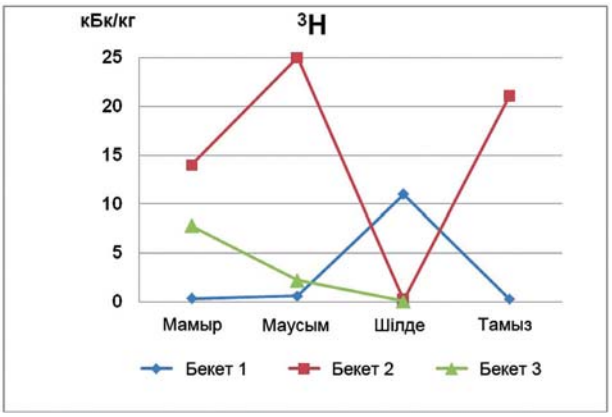
«Атом» көлінің айналасындағы топырақ үйілген аймақтан және Шаған өз. бұдан бұрынғы телімінен желдің тасымалдауымен шартталған, 1м биіктіктегі техногенді радионуклидтердің орташа жылдық жиынтық белсенділігі

x, км	Орташа жылдық көлемдік белсенділік, Бк/м^3				
	^{241}Am	^{137}Cs	^{60}Co	^{152}Eu	^{154}Eu
0,05	$5{,}83\cdot10^{-3}$	$1{,}35\cdot10^{-1}$	$5{,}67\cdot10^{-2}$	$9{,}12\cdot10^{-2}$	$4{,}94\cdot10^{-2}$
0,1	$3{,}79\cdot10^{-3}$	$9{,}46\cdot10^{-2}$	$3{,}60\cdot10^{-2}$	$6{,}79\cdot10^{-2}$	$3{,}28\cdot10^{-2}$
0,2	$2{,}94\cdot10^{-3}$	$5{,}04\cdot10^{-2}$	$1{,}84\cdot10^{-2}$	$3{,}81\cdot10^{-2}$	$1{,}77\cdot10^{-2}$
0,5	$3{,}91\cdot10^{-3}$	$4{,}88\cdot10^{-2}$	$1{,}62\cdot10^{-2}$	$5{,}51\cdot10^{-2}$	$2{,}89\cdot10^{-2}$
1	$3{,}29\cdot10^{-3}$	$4{,}84\cdot10^{-2}$	$1{,}90\cdot10^{-2}$	$3{,}46\cdot10^{-2}$	$1{,}45\cdot10^{-2}$
2	$1{,}48\cdot10^{-3}$	$3{,}11\cdot10^{-2}$	$7{,}73\cdot10^{-3}$	$1{,}60\cdot10^{-2}$	$8{,}14\cdot10^{-3}$
5	$3{,}36\cdot10^{-3}$	$1{,}44\cdot10^{-1}$	$1{,}49\cdot10^{-2}$	$2{,}26\cdot10^{-2}$	$1{,}15\cdot10^{-2}$
10	$1{,}01\cdot10^{-3}$	$1{,}04\cdot10^{-2}$	$2{,}18\cdot10^{-3}$	$2{,}92\cdot10^{-3}$	$1{,}83\cdot10^{-3}$
15	$2{,}51\cdot10^{-3}$	$1{,}44\cdot10^{-1}$	$5{,}96\cdot10^{-3}$	$8{,}26\cdot10^{-3}$	$2{,}86\cdot10^{-3}$
20	$1{,}26\cdot10^{-3}$	$1{,}23\cdot10^{-2}$	$1{,}34\cdot10^{-3}$	$1{,}46\cdot10^{-3}$	$1{,}08\cdot10^{-3}$
РЖОКБ, Бк/м^3	$2{,}1\cdot10^{-1}$	$1{,}7\cdot10^{3}$	$8{,}3\cdot10^{2}$	$2{,}1\cdot10^{2}$	$1{,}6\cdot10^{2}$

Есептеулердің нәтижелерінен, «Атом» көлінен бірнеше жүздеген метрлік бөлікті есептемегенде 10 және 11 кестелердегі деректер өте ұқсас екені көрінеді. Осымен қатар, Шаған өз. бойындағы техногенді радионуклидтердің есептік орташа жылдық көлемдік белсенділігі РҚН-99 бойынша рауалы көлемдік белсенділіктен едәуір төмен.

2.4.2. ^{3}H радионуклиді бойынша ауа бассейнінің жай-күйі

Атмосфералық ауаның ^{3}H ластану қарқынын зерттеу үшін 2008 ж. мамыр айынан тамыз айына дейін «Атом» көлінен 0,8; 4,7; 11 км арақашықтықта орналасқан №№ 1, 2, 3 гидробекеттерге жақын жатқан мониторингілік алаңдардан су буларының сынамалары алынды. Су буларындағы ^{3}H шоғырлануын анықтау бойынша нәтижелер төмендегі диаграммада көрсетілген (40-сурет). Белсенділік Бк/кг-мен қатырылған су үшін келтірілген.

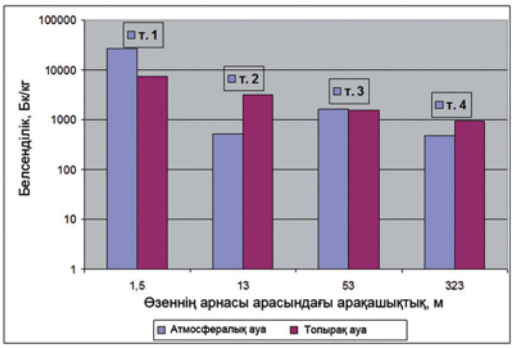


40-Сурет. Су буларының сынамаларында ^{3}H таралуы

Зертханалық талдамалар нәтижесінен, су буларындағы ^{3}H тиесілі белсенділігінің масималды мәні маусым айында № 2 мониторингілік алаңда $2,5*10^{4}$ Бк/кг-ға жеткені байқалды. Бұл заңды да, себебі осы нүктеде жерүсті және жерасты суларында максималды ^{3}H шоғырлануы байқалады. Күтпеген нәрсе басқа – ол, осы нүктеде бір ай өткен соң ^{3}H шоғырлануы ондаған есеге түсетіні, ал бір айдан соң қайта $> 2*10^{4}$ Бк/кг деңгейіне оралатыны. № 1 және № 3 бекеттерде ^{3}H шоғырлануының кенеттен пайда болатын деңгей айырмалары байқалды.

ССП шегінде ағып жатқан, Шаған өз. арнасындағы телімде атмосфералық ауада ^{3}H құрамы мәндердің кең диапазонында өзгере алады деп кесіп айтуға болады.

Сонымен қатар, өзеннің арнасына дейінгі арақашықтықтағы атмосфералық ауадағы ^{3}H шоғырлану әсерін зерттеуде қызығушылық туындап отыр. Осы мақсатпен 2007 ж. Шаған өз.сол жақ жағалауында «Атом» көлінен 7,3 км орналасқан нүктеде су буларының сынамалары арнаның өзегіне перпиндикуляр сызық бойынша алынды. Зертханалық жұмыс нәтижелері төмендегі кестеде ұсынылған (41-сурет).



41-Сурет. Топырақ және атмосфера ауасында ^{3}H таралуы

Кестеде берілген деректер бойынша ^{3}H құрамының көбі 7470 Бк/кг мөлшері, өзен арнасынан 1,5 м арақашықтағы жағалаулы аймағының жайылымдық бөлігіне атмосфералық ауа арқылы түседі. Бұл нүктедегі арнаасты сулардың орналасу тереңдігі 0,2 м. Одан әрі, сынама алынатын нүктелердегі топырақ ауасындағы ^{3}H шоғырлануының 940 Бк/кг-ге дейін біртіндеп төмендеуі байқалды, бұл жерасты суларының деңгейінің төмендеуіне байланысты.

2.4.3. Ауа бассейнінің ластануының болжамы және қалыптасу механизмі

2.4.1-бөлімде ^{137}Cs, ^{241}Am, ^{60}Co, ^{152}Eu, ^{154}Eu, ^{90}Sr, $^{239+240}$Pu радионуклидтері бойынша ауа бассейнінің жай-күйіне теориялық бағалау берілді және осы ластану түрлерінің қалыптасу механизміне суреттеу жасалды.

Шаған өз. суларында ^{3}H шоғырлануы бойынша алынған деректерге сәйкес және ұсынылған алғашқы деректер бойынша атмосфералық ауадағы ^{3}H құрамы бойынша аумақты баға беріп шолу жұмыстары жүргізілді. Шолу екі бағыт бойынша жүргізілді:

- «Атом» көлінен Шаған өз. арнасы бойымен және Ертіс өз. құйылысына дейін;
- Шаған өз. арнасынан перпендикуляр бағытта.

Атмосфералық ауадағы ^{3}H шоғырлануына аумақты шолу үшін бағалық есеп өзен арнасындағы ^{3}H шоғырлану мәні бойынша жүргізілді, бұл атмосфералық ауада су буларының орташа шоғырлануы 10 г/м^{3} құрайды. Аймақты перпендикуляр бағытта шолу ауадағы ^{3}H шоғырланының ластану көзінен алыстаған сайынғы өзгерісі бойынша жасалған тәжірибелік деректер негізінде жасалды. Аталған тәжірибелер «Дегелең» алаңында № 176 және № 177 штольнялардың жылғаларында жүргізілді. Есептер топырақтардың беткі қабатындағы эманация процесін және өсімдіктердің транспирация процесін есепке алмастан жасалды.

Тыныстайтын ауамен ^{3}H түсуіне жүргізілген бағаларға сәйкес аталған радионуклидтің адамның ағзасына қатерлі жолмен түсуі болып табылады. Осылардың негізінде, Шаған өз. жағалаулы аймағында алдын ала шолу жұмыстарын ауа бассейнінің ^{3}H ластану деңгейін зерттеу бойынша жүргізуге болады. Аумақты тынысалатын ауамен ^{3}H радионуклидінің түсуінен күтілетін жылдық тиімді дозасының деңгейі бойынша үш аймаққа бөлу ұсынылады:

- қанағаттанарлық радиациялық жағдайға қатысты аймағы (<0,3 мЗв/жыл);
- тұрғындардың кіруін шектеу аймағы (<0,3–1 мЗв/жыл);
- радиациялық жағдайы қауіпті аймақ (>1 мЗв/жыл).

Шолуға арналған алғашқы деректерге ^{3}H көлемдік белсенділігінің орташа жылдық мәні ауада <140, 140–460, >460 Бк/м^{3} тең.

Ауадағы ^{3}H көлемдік белсенділігінің орташа жылдық мәнін алып қарасақ, Шаған өз. арнасын шартты түрде үш аймаққа «Атом» көлінен бастап, Ертіс өз құйылысына дейінгі өзен ағысының бойымен бөлуге болады (12-кесте).

12-Кесте

Ауадағы ^{3}H құрамы бойынша Шаған өз. арнасы бойымен аумақты шолу

Арақашықтық, км	Аймақ		
	Қауіпті радиациялық жағдай	Тұрғындардың кіруін шектеу	Қанағаттанарлық радиациялық жағдайға қатысты
0 – 27	>460 Бк/м^{3}	-	-
27 – 30	-	140 – 460 Бк/м^{3}	-
>30	-	-	<140 Бк/м^{3}

Атмосфералық ауадағы ^{3}H шоғырлану деңгейі бойынша үш аймақ сол жаққа және оң жаққа өзен арнасы бойымен перпендикуляр бағытта бөлінеді (13-кесте).

13-Кесте

Ауадағы ^{3}H құрамы бойынша Шаған өз. көлденең арнасы бойындағы аумақты шолу

Арна арасындағы арақашықтық, м	Аймақ		
	Қауіпті радиациялық жағдай	Тұрғындардың кіруін шектеу	Қанағаттанарлық радиациялық жағдайға қатысты
«Атом» көлінен 0 – 5 км арақашықтық			
0 – 45	>460 Бк/м^{3}	-	-
45 – 50	-	140 – 460 Бк/м^{3}	-
>50	-	-	<140 Бк/м^{3}
«Атом» көлінен 5 – 10 км арақашықтық			
0 – 25	>460 Бк/м^{3}	-	-
25 – 42	-	140 – 460 Бк/м^{3}	-
>42	-	-	<140 Бк/м^{3}
«Атом» көлінен 10 – 20 км арақашықтық			
0 – 20	>460 Бк/м^{3}	-	-
20 – 40	-	140 – 460 Бк/м^{3}	-
>40	-	-	<140 Бк/м^{3}
«Атом» көлінен 20 – 25 км арақашықтық			
0 – 10	>460 Бк/м^{3}	-	-
10 – 35	-	140 – 460 Бк/м^{3}	-
>35	-	-	<140 Бк/м^{3}
«Атом» көлінен 27 – 30 км арақашықтық			
10 – 20	-	140 – 460 Бк/м^{3}	-
>20	-	-	<140 Бк/м^{3}
«Атом» көлінен 40 км арақашықтық			
	-	-	<140 Бк/м^{3}

Осылайша, «Атом» көлінен 40 км арақашықтықта өзен арнасы бойымен тұрғындардың кіруін шектеу аймағы аяқталады және радиациялық жағдайы қанағаттанарлық аймақ басталады, бұл жерде ауадағы ^{3}H шоғырлануы < 140 Бк/м^{3} құрайды. Тұрғындардың кіруі шектеулі және радиациялық жағдайы қауіпті аймақтар бірнеше ондаған метрлік жалпақтықты құрайды. Осылай, арнадан 50 м алыстаған сайын ауадағы ^{3}H құрамы адам үшін Шаған өз. бойында қауіпсіз.

2.5. *Жануарлардың өнімі*

Шаған өз. тікелей жақын орналасқан, Атом көлі, Юбилейная және Сарапан қыстауларында мамыр айынан тамыз айына дейінгі аралықта ауыл шаруашылық өнімінің 9 талдамасы іріктеп алынды және сынамалауға жіберілді. Талдаманың нәтижелері кестеде келтірілген (14-кесте).

14-Кесте

Ауыл шаруашылық өнімі сынамаларының нәтижелері

Қыстаулардың атауы	Сынамалардың №	Сынамалардың түрі	Іріктеу мерзімі	Тиесілі белсенділік, Бк/кг		
				^{3}H	^{137}Cs	^{90}Sr
Атом көлі	1	қымыз	29.05.2008 ж.	(1±0,1)*10^{2}	0,9±0,2	0,84±0,24
Юбилейная	2	сүт	30.05.2008 ж.	(53±0,5)*10^{2}	1,7±0,3	<0,16
	3	сүт	25.06.2008 ж.	(14±0,2)*10^{2}	-	-
	4	сүт	24.07.2008 ж.	(14±0,2)*10^{2}	-	-
	5*	сүт	5.09.2008 ж.	(43±4)*10^{2}	-	-
	6	Өкпе ұлпасы	24.06.2008 ж.	(90±0,5)*10^{2}	-	-
Сарапан	7	сүт	26.06.2008 ж.	(38±0,3)*10^{2}	-	-
	8	сүт	25.07.2008 ж.	(27±0,3)*10^{2}	-	-
	9*	сүт	5.09.2008 ж.	(9±0,9)*10^{2}	-	-

^{137}Cs және ^{90}Sr радионуклидтерінің мамыр айында іріктеп алынған сүт пен қымыздағы тиесілі белсенділігі болымсыз болды және олардың одан кейінгі сынамаларда анықтаудың қажетсіздігін тудырды. Сүттегі ^{3}H тиесілі белсенділігінің алынған мәні тұрғындарға арналған араласу деңгейінен аспайды, алайда тек жазғы кезеңге ғана жатады және қысқы уақыттарда едәуір өзгеруі мүмкін. Ұсақ мүйізді малдың өкпе ұлпасында тіркелген ^{3}H шоғырлануы тұрғындарға арналған араласу деңгейінен жоғары және өткізілетін зерттеулердің көкейтесті екеніне тағы да дәлелдейді.

ҚОРЫТЫНДЫ

Шаған өз. экожүйесінің негізгі құрауыштарының қазіргі жай-күйін зертеу үшін аталған ауданда өткізілген радиоэкологиялық зерттеулердің материалдары талдамаланды. Шаған өз. ауданындағы радиоэкологиялық жағдайдың қалыптасу механизмі зерттелді.

Жұмыстар барысында экожүйе құрауыштарының радиоактивті ластануы негізінен, 1004 ұңғымадағы экскавациялық жарылыспен, сонымен қатар «Балапан» алаңындағы «әскери» ұңғымалардағы жерасты ядролық сынақтарымен шартталған.

Ластануға шамалы үлесті «Тәжірибе даласы» алаңында өткізілген жерасты ядролық жарылыстары және ауқымды түсулер қосты.

Жұмыстардың нәтижелері бойынша радиоактивті ластанған 2 ірі аймақ анықталды.

Бірінші аймақ «Атом» көлінің қазаншұңқырына тікелей жақын орналасқан және 1004 ұңғымадағы сынақтармен байланысты. Радиоактивті ластану алаңдық сипатта. Ластанудың жалпы аумағы шұңқырдың ернеуінен 1–2 км арақашықтықта шектелген. Далалық радиометриялық өлшеулердің нәтижелері бойынша радиациялық параметрлердің жоғары мәні «Атом» көліне жақын аймақта байқалады ол жерде жергілікті телімнің 20 км^2 алаңы контурланған, ЭДҚ шамасы 0,3 мкЗв/сағ. асады.

«Атом» көлінің аумағынан іріктеп алынған топырақтың сынамаларына өткізілген гамма-спектрометриялық және радиохимиялық зерттеулер нәтижелерінен, барлық зерттелген аумақтағы ^{137}Cs, ^{90}Sr және $^{239+240}$Pu ластануы ауқымды түсулер аясынан жоғары.

$^{239+240}$Pu, ^{137}Cs және ^{90}Sr радионуклидтерінің шоғырлануы суда (Шаған өз. «Атом» көлінен шығар жерде ^{90}Sr басқа), РҚН-99 бекіткен (П2-Қосымша) азық-түлікпен және сумен аталған радионуклидтердің түсуі барысындағы тұрғындарға арналған араласу деңгейінен аспайды, ол 0,56, 11, 5 Бк/кг тең [10].

Екінші аймақ «Атом» көлінен 4,5 км аралықта орналасқан. Бұл жерде, Шаған өз. беткі ағын суының жерасты суларында ^{3}Н ластанулардың жүктемеленуі дерегі бірнеше рет расталды. Судағы ^{3}Н тиесілі белсенділігі өзеннің аталған бөлігінде 680 кБк/кг-ға жетеді. Бұл аумақ экожүйе құрауыштарының ^{3}Н екінші рет ластану көзі болып табылады, бұлар өсімдіктер, мал шаруашылығы өнімдері, ауа. Шаған өз. жағалауынан іріктеп алынған өсімдіктердің барлық сынамаларында ^{3}Н құрамы табылды. Өсімдіктердегі ^{3}Н максималды құрамы құрақта (Phragmites australis) 65*10^{3} Бк/кг болып белгіленген, бұл аталған радионуклидтің азық-түлікпен және сумен түсуі барысындағы тұрғындарға арналған АД 8 есе жоғары (РҚН-99). Шаған өз. жағалауында орналасқан қыстаулардан іріктеп алынған сүттердің сынамаларында ^{3}Н құрамы АД аспайды (РҚН-99). Солай бола тұра, Шаған өз. суларындағы ^{3}Н шоғырлануы кең диапазонды мәнде өзгеруі мүмкін болғандықтан, сүттің сынамаларында ^{3}Н құрамының жоғары мәнінің табылу дерегіне байланысты, алдымен жануарлар өніміндегі радионуклидтердің құрамын зерттеу жұмыстары жүргізілуде, екіншіден нарыққа түсетін өнімдерге міндетті радиациялық бақылау жасалу керек. Бұл туралы өкпе ұлпасының сынамасында ^{3}Н бойынша араласу деңгейінің арту дерегі нақтылайды.

Аталған аумақтағы радиациялық параметрлер мәні (ЭДҚ, бета-бөлшек ағымының тығыздығы) ССП аумағына арналған аялық мәннің шегінде жатыр.

Өзеннің арнасы бойымен іріктеп алынған жағалау топырақтары мен түптік шөгінділерде техногенді радионуклидтердің шоғырлануының белгіленген мәні, РҚН-99 бекітілген, тиесілі белсенділіктің минималды-мәнінен аспайды. ^{137}Cs максималды мәнінің орта мәннен ерекшеленетін мәні «Атом» көлінен шығар жерден, бірінші телімнің шегінде 200 м дейінгі арақашықтықта анықталды. Осылай, осы нүктелерден іріктеп алынған топырақтар пайдаланылуы шектеулі материалдар (ПШМ, 300 Бк/кг-ден МЗУА-ға дейін) ретінде жіктелуі мүмкін.

Осылайша, негізгі ықтимал қауіпті ^{3}Н ластанған, жерасты және жерүсті сулары келтіреді. Қазіргі уақытта біз сұйық радиоактивті қалдықтар орын алған өзен телімін

алып отырмыз. Бұл дерек бойынша ауыл шаруашылық айналысынан қауіптілігі ықтимал жерлерді алуға бағытталған шаралар кешенін өткізуге мәжбүр етеді.

Қазіргі уақытта, алынуға жататын телімнің шекараларын анықтау қиын. Шаған өз. суындағы ^{3}H құрамы маусым бойында өзгереді, сонымен қатар жеке жылдар арасында ағымдағы жылда жауын-шашынның мөлшеріне байланысты, ағын судың дебиті мен басқа да климаттық және гидрогеологиялық факторларға байланысты. Алынатын жерлердің шекараларын анықтау үшін кешенді жұмыс жүргізу қажет, Шаған өз. гидрологиялық режімі, оған жерасты суларының ^{3}H ластанған ағыны мен оның түсу жолдарын зерттеу, климаттық және гидрогелогиялық жағдай бойынша ең нашар сценарийді соңынан үлгілей отырып, көбірек ауқым алатын осының барысында Шаған өз. тритиймен ластануының максималды мүмкіндігіне жетуге болады. Бұндай жұмыстарды өткізуді және шаруашылық айналысынан аталған аумақтың бөлігін одан әрі алуды, Шаған өз. телімінің тритиймен ластану мәселесін кейінге қалдыруға болмайды.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. Семей сынақ полигоны аумағындағы «солтүстік» бөлігінің радиоэкологиялық жай-күйі. «Қазақстан радиоэкологиясының өзекті мәселелері» – 1-Шығ. – Курчатов, 2010.
2. *Логачев В.А.* Семей полигонында өткізілген ядролық сынақтардың зардабы және Шығыс - Қазақстан облысының аумағындағы қазіргі радиологиялық жағдай/ В.А. Логачев // Қазақстан Республикасындағы ядролық энергетика: ғылыми-іс тәжірибелік конф. материалдары – Курчатов, 2007.
3. *Қадыржанов Қ.Қ.* ССП түрлі алаңдарында радионуклидтердің таралуы мен табылу формасы құрамының ерекшелігі/ Қ.Қ. Қадыржанов, С. Хажекбер, И.В. Казачевский, В.П. Солодухин, С.Н. Лукашенко // ҚР ҰЯО Жаршысы. Радиоэкология. Қоршаған ортаны қорғау. – 2000. – 3 Шығ. - Б. 15-22.
4. *Логачев В.А.* Бейбіт ядролық жарылыстар: оларды жүргізу барысында жалпы және радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету/ред-ған Логачев В.А. – Москва: АТбасылым, 2001. – Б. 199–248.
5. *Перельман А.И.* Табиғи сулардың геохимиясы/А.И. Перельман. – М.: Ғылым, 1982.
6. *Галин Д. Л.* Инженерлік геофизика деректерінің интерпретациясы/Д.Л. Галин. - М.: Недра, 1989. – 124 б.
7. Геофизик анықтамасы. 2 томдық. Т. 1. Далалық әдістер/ред-ған В.К. Хмелевский.- 2-ші басылым, толықтырылған және өңделген – М.: Недра, 1989. - 438 б.
8. Сейсмобарлау бойынша нұсқаулық. – М.: КСРО Геология министрлігі, 1986.
9. *Махонько К.П.* Шөппен жамылған жамылғы беттің радиоактивті шаңының желмен көтерілуі/К.П. Махонько // Метеорология және гидрология. – 1986. - №10. – Б.61-64.
10. Радиациялық қауіпсіздік нормалары (РҚН-99), СП 2.6.1.758-99. Ресми басылым – Алматы, 2000. – 80б.

СОСТОЯНИЕ ЭКОСИСТЕМЫ Р. ШАГАН И ОСНОВНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ЕГО ФОРМИРОВАНИЯ

А.О. Айдарханов, С.Н. Лукашенко, С.Б. Субботин, В.И. Эдомин, С.В. Генова, А.В. Топорова, Н.В. Ларионова, Е.Ю. Пестов*

Река Шаган является главной водной артерией Семипалатинского испытательного полигона, и вместе с прилегающей к ней территорией образует экосистему, включающую подземные и поверхностные воды, донные отложения и береговые грунты, воздушный бассейн, растительность и животный мир. Все эти компоненты подверглись, в той или иной степени, радиоактивному загрязнению вследствие ядерных испытаний на Семипалатинском полигоне. В данной работе проанализированы и обобщены материалы радиоэкологических исследований, проведенных в данном районе, изложена общая картина современного состояния экосистемы, рассмотрены основные механизмы ее формирования. Установлены две крупные зоны с принципиально разным типом радиоактивного загрязнения. Первая зона приурочена к гребню воронки вокруг "Атомного" озера, здесь присутствует площадное загрязнение радионуклидами – продуктами деления и нейтронной активации, образовавшимися при экскавационном взрыве в скважине 1004. Вторая область расположена в 4-5 км от "Атомного" озера. Здесь в подземные и поверхностные воды р. Шаган из района "боевых" скважин площадки "Балапан" поступает тритий, при этом его концентрация в воде реки превышает уровень вмешательства на 2 порядка. Вода данного участка реки фактически представляет собой жидкие радиоактивные отходы. Поэтому остро актуальным является вопрос изъятия части р. Шаган и прилегающей к ней территории из хозяйственного оборота.

Ключевые слова: ядерные испытания, "Атомное" озеро, экосистема, гидрогеология, радиоактивное загрязнение, радионуклиды, скважины.

ECOSYSTEM OF SHAGAN RIVER AND MAJOR MECHANISMS FOR ITS FORMATION

S.A. Aidarkhanov, S.N. Lukashenko, S.B. Subbotin, V.I. Edomin, S.V. Genova, A.V. Toporova, N.V. Larionova, E.Yu. Pestov *

Shagan River is the main water artery of the Semipalatinsk test site and together with the adjacent territory forms the ecosystem that includes groundwater and surface water, bottom sediments and coastal soils, air basin, vegetation and fauna. All these components have been exposed, in varying degrees, to radioactive contamination caused by nuclear tests at the Semipalatinsk test site. In this paper we analyzed and synthesized the materials on radio-ecological studies in this area, described the overall picture of the current state of the ecosystem, the principal mechanisms of its formation has been considered. There were identified two major areas with fundamentally different types of radioactive contamination. The first zone is confined to the crest of the crater around the "Atomic" lake; here there is areal radionuclides contamination - fission products and neutron activation, formed during the excavation explosion in the borehole No1004. The second area is located 4-5 km from the "Atomic" lake. Here, tritium migrates into the groundwater and surface water of Shagan River from the area of "combatant" boreholes of "Balapan" site, and its concentration in river water exceeds the intervention level by 2 orders of magnitude. The water of this river section is actually a liquid radioactive waste. So urgent is the issue of removal of part of Shagan River and adjacent territories out of economic use.

Keywords: nuclear tests, "Atomic" lake, ecosystem, hydrogeology, radioactive contamination, radionuclides, boreholes.

УДК 577.391:577.4:504.4.054:539.16:622.258.4

ДЕГЕЛЕҢ ТАУЛЫ МАССИВІ ШТОЛЬНЯ СУЛАРЫНЫҢ ЭКОЖҮЙЕЛЕРІ ТАБИҒИ ОРТАСЫНЫҢ РАДИОАКТИВТІ ЛАСТАНУЫНЫҢ ӨЗІНДІК ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

А.В. Паницкий, Р.Ю. Магашева, С.Н. Лукашенко

Жұмыста радионуклидтердің судағы жылыстау әсерінен экожүйе құрауыштарының ластануы туралы деректер ұсынылған. Зерттеулер нәтижесінде Дегелең таулы массиві штольня сулары экожүйесінің топырақ жамылғысы, жерүсті сулары және арнаасты ағын суларының радиоактивті ластану сипаты туралы деректер алынды. Радионуклидтердің табиғи ортасының аталған құрауыштарындағы кеңістіктік таралу сипаты көрсетілген. Радионуклидтердің топырақтағы су арнасы бойымен және көлденеңінен ауысуының тігінен де, көлденеңінен де қозғалу қатарлары анықталды. Сондай-ақ осы радионуклидтердің судағы тиесілі белсенділігі бойынша топырақтағы радионуклидтердің құрамын бағалау болжамының мүмкін екендігі көрсетілген. Экожүйенің түйіндес құрауыштарындағы (жерүсті сулары-топырақ сулары-топырақ) радионуклидтер құрамының түрлі мөлшерлері олардың жағдайының аталған жүйедегі салмақ тепе-теңсіздігін көрсетті. Аталған жұмыста зерттеу нысаны ретінде таңдап алынған су шыққан штольня суларын зерттеу нәтижелерінің қорытындысы радионуклидтердің «Дегелең» алаңы штольня суларының басқа экожүйесі жайылым топырағындағы қалпын болжауға мүмкіндік береді. Радионуклидтердің көлденеңінен бағыттағы қалпын суреттейтін қисық талдау негізінде аталған уақыт кезеңіндегі ^{137}Cs және $^{239+240}$Pu күндізгі жербеткі шығудан 1,5 км, ^{90}Sr – 2 км-ден алыс тарамайтынын болжауға болады.

Түйін сөздер: ядролық жарылыстар, радиоактивті ластану, радионуклидтер, штольнялар, шабындық топырағы, радионуклидтердің таралуы.

КІРІСПЕ

1961–1989 жж. ағымындағы Дегелең таулы массиві штольняларындағы жерасты ядролық жарылыстарды жүргізу тек штольня қуыстарының радиоактивті ластануы ғана емес, сондай-ақ күндізгі жер бетіне шығуына да себепші болды. Осы аумақта жүргізілген қарусыздандыру шараларына қарамастан радиоактивті заттектердің штольня қуысының су ағындарымен шығуы жалғасуда. Нәтижесінде геохимиялық процестерге қосыла отырып топырақ жамылғысында жиналатын радиоактивті заттектердің көп мөлшері табиғи ортаға түсті және түсуде.

Дегелең алаңындағы жерасты ядролық жарылыстар тоқтаған соң аталған аумақтың радиоэкологиялық зерттеулері республикалық бюджеттік бағдарламалар шеңберінде де, сол сияқты халықаралық келісім-шарттар шеңберінде де жүргізілді (DSWA, МНТЦ, ИНТАС, HDTRA және т.б.). Алғашқы радиоэкологиялық зерттеулер арасында 1997 жылғы 1 маусымдағы DSWA 0027/5 келісім-шарт шеңберінде жүргізілген жұмыстар болды, бұл жұмыстардың өту барысында зерттеліп жатқан штольнялардың порталалды алаңдарының далалық гамма-түсіруі орындалды, зертханалық жағдайларда топырақ үлгілерінің гамма-спектрометриялық талдамасы жүргізілді, сондай-ақ олардағы $^{239+240}$Pu және ^{90}Sr шоғырлануы анықталды. Жүргізілген зерттеулер негізінде $^{239+240}$Pu, ^{90}Sr және ^{137}Cs, тиісінше $9*10^6$, $4,5*10^5$ және $6,9*10^6$ Бк/кг дейін аса ластанған телімдер анықталды. Су шыққан штольня орындары арнасының топырақтарындағы

техногенді радионуклидтердің ағын бойынша жылыстау процесі анықталды, және олардың жылыстау қабілеттеріне келесідей қатар құруға болатындығы анықталды: $^{90}Sr > ^{239+240}Pu > ^{137}Cs$. Штольняларды бетон тығындармен жабудың дұрыстығы туралы қорытынды жасалды, бұл тығындар радионуклидтердің штольня қазан-шұңқырлық қуысынан Дегелең массиві өзендер алқабына шығуын қандай да болмасын дәрежеде ұстап қалар еді.

ХҒТО халықаралық жоба шеңберінде штольнялардың порталалды алаңдары мен өзен арналары жерүсті және құмтопырақтың радиациялық ластануының болуына және деңгейіне зерттелді. Аса ластанған телімдер белгіленді және сұлба түрінде олардың алаңдары анықталды. Қазіргі уақытта штольнялардағы су ағындары аса маңызды ластану көздері екендігі анықталды. Дегелең төмен етекті таулар массиві өзендерінің топырақтары мен құмтопырақтарындағы техногенді радионуклидтердің көлденеңінен және тігінен жылыстауы туралы алғашқы суреттемесі айтылды, сауықтыру шаралары – табиғи цеолиттің гидроксидімен өзгертілген титанын радионуклидтердің сорғыштары ретінде пайдалану ұсынылды.

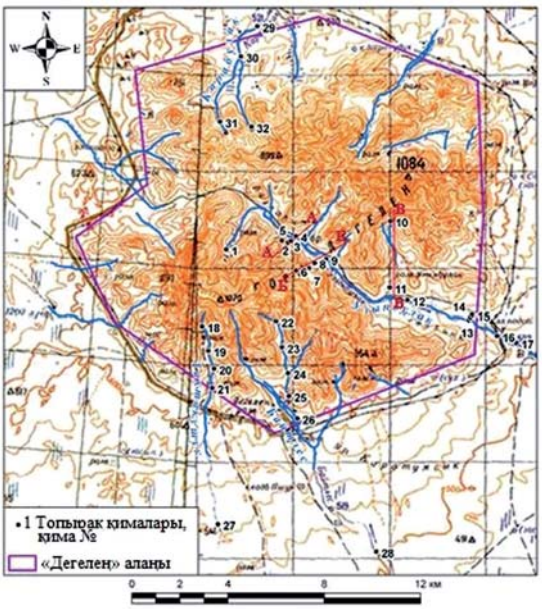
Республикалық бюджеттік бағдарламалар шеңберінде жүргізілген штольнялар су ағынының мониторинг барысында штольня қуыстарынан радионуклидтердің Дегелең таулы массивінің штольня суларымен шығарылу саны туралы деректер алынды [1, 2, 3].

Сонымен, «Дегелең» алаңындағы радиоэкологиялық жағдай туралы нақты білім жинақталды. Бірақ міндеттері өзен алқаптарының топырақ-құмтопырақтарындағы, сондай-ақ таралу заңдылықтарын бұрын анықтауға мүмкін болмаған ^{137}Cs, ^{90}Sr және, ең бастысы, $^{239+240}Pu$ техногенді радионуклидтерінің олардан тыс жерлерде таралу шекарасын анықтау болатын зерттеулер қажет болды. Бұл зерттеулер Байтілес бұлағы арнасында (№ 176 штольня) және Ұзынбұлақ бұлағы арнасында (№ 177 штольня) жүргізілген болатын. Сондай-ақ аталған жұмыста Дегелең төмен етекті таулы массиві алқаптарындағы техногенді радионуклидтердің кеңістіктік таралу (көлденеңінен де, тігінен де) сипатын зерттеу нәтижелері ұсынылған.

1. «ДЕГЕЛЕҢ» СЫНАҚ АЛАҢЫНЫҢ ЖАЛПЫ СИПАТТАМАСЫ

Зерттеліп жатқан аумақтың әкімшілік және географиялық орналасқан жері. «Дегелең» алаңы Шығыс-Қазақстан облысы (бұрынғы Семей облысы) шегінде бұрынғы Семей полигонының оңтүстік бөлігінде орналасқан. Географиялық жағынан – бұл Қазақ қатпарлы тау елінің солтүстік-шығыс бөлігі болып табылатын Дегелең төмен етекті таулы массиві. Аумақтың жалпы ауданы шамамен 220 кв. км.

Бедер. Биіктігі 300-500 м, күмбезтәрізді және коникалық төбелері көп төмен етекті ұсақ шоқы зерттеліп жатқан аумақ бедерінің басты типі болып табылады. 1000 м асатын биіктігі бар (1084 және 1126 м) граниттерден пайда болған аралдық құзды таулар да кездеседі (1-сурет). Олардың бедері, негізінен, ежелгі түзету бетінің сарқыншақтары және қатпарлы негізінің құрылымы бар тізбекті болып келеді. Тығыз жыныстар арасында тұнба шөгінділер – тақта тас, құмдауық, конгломераттар, ізбестастар, және эффузивтілер – негізгі және қышқыл кездеседі [4].



1-Сурет. «Дегелең» сынақ алаңындағы өзендер, зерттеу алаңдары мен бейіндердің орналасу сұлбасы

Гидрография. Дегелеңнің гидрографикалық желісі біраз өзендермен берілген, олардың ішіндегі ірілеуі Ұзынбұлақ, Байтілес, Тоқтакүшік және Қарабұлақ (1-сурет). Ең ірі су жинайтын алаңы бары – Ұзынбұлақ бұлағы, ол массивті оңтүстік-шығыс – солтүстік-батыс сызығы бойынша бөледі. Байтілес және Тоқтакүшік бұлақтарыоңтүстік, оңтүстік-шығысқа, ал Қарабұлақ бұлағы көбінесе солтүстік, солтүстік-шығысқа бағытталған. Тұрақты жербеткі ағынның болмауы таулы массив өзендерінің барлығына тән. Тек көктемде қарқынды қар еру кезінде ғана үзіліссіз ағын болуы мүмкін, бірақ ары қарай өзен жеке су қоймаларына – булану есебінен, сол сияқты топырақ суларына сіңетін тез кебетін плестарға бөлінеді.

Гидрогеология. Дегелең төмен етекті таулы массиві Ертіс бұлағы сол жақ жағалауының жалпы аймақтық гидрогеологиялық жүйесінің бір бөлігі болып табылады [5]. Бедерде басты қалыпта бола тұрып, ол жерасты суларының атмосфералық жауын-шашын есебінен толу көзі ретінде қызмет атқарады. Су таситын көкжиектің біртіндеп азаюы, негізінен, өзендер алқабының өңірлерінде жаз басында жүзеге асады. Жылдың қалған уақытында өзендерді толтыратын бұлақтардың мөлшері аздаған ғана. Жерасты жарылыстар жүргізілген соң құз жыныстарының ыдырауы ұлғайды, бұл сызаттану аймағында атмосфералық жауын-шашынның көп жиналуына, сол сияқты штольня порталдарынан, көздердегі су молшылығының ұлғаюына әкелді, ал бір жағынан, өзендердің жербеткі суларының басты үлкен бөлігі ашық сызат жүйелері бойынша жерасты суларына түсе бастады. Төмен етекті тау массивтері шегінде делювиалды-пролювиалды, аллювиалды-пролювиалды шөгінділерінің саңылаулы сулары және палеозой жыныстарының сызатты сулары бөліп қарастырылады.

Топырақ және өсімдік. Дегелең төмен етекті таулы массивінің аумағы топырақ-географиялық жағынан ашық-қызғылт-қоңыр аймақтық түршесі бар бос қалған дала аймақшасында орналасқан [6]. Топырақ жамылғысының біртекті болмауы бедерге, және, сол себепті ылғалдану жағдайларына, топырақ түзейтін жыныстарға байланысты анықталады.

Дегелең массиві аумағындағы көп таралған топырақтар – ақшыл жыныстардағы аз дамыған ұсақ тасты ақшыл-қызғылт-қоңыр топырақ (қуаты 40 см дейін). Олар көбінесе шоқылардың құздары мен жоталары немесе құзды тізбекті таулар баурайы бар ұсақ шоқылы бедер жағдайында пайда болады. Аз дамыған топырақтармен бірге аса қуатты топырақтар жатыр – ұсақ топырақты қалыңдығы 80 см дейін қуаты бар толық дамымаған топырақтар. Жергілікті жыныстардың ұсақ тасты элювий немесе элювиалды-делювиалды ұсақ тасты сазды-құмды тау жыныстары топырақ түзуші жыныстар ретінде пайдаланылады. Өсімдік жамылғысы сирек бұталысы бар (кіші қарағаң, шайқурай жапырақты спирея және т.б.) жусанды-бозды-бетегелі (бетеге, боз, тырса, шығыс бозы, суық жусан) даламен қатты тілінген. Топырақ көкжиегі аз қуатты, ақшыл-қызғылт-қоңыр, кесек-кесек, қатты ұсақ тасты, жеңіл сазды-құмды. Ол кейде бір ғана «А» көкжиегінен тұрады. Ондай топырақтар жақсы жуылған және тұзданбаған.

Барлық аз дамыған және толық дамымаған топырақтарға дамыған карбонатты көкжиектің болмауы және төсеніш тығыз жыныстардың суды бөгейтін қасиеттеріне немесе олардың желденуінің ірі қаңқалы өніміне бағынышты өзіндік су режімі тән. Сондықтан топырақ бейінінде табиғат жағдайларына байланысты ылғалдылық пен температураның күрт құбылуы байқалады. Тас сияқты бөлшектердің тіпті жоғары гумусты көкжиектегі құрамы кейде 50 % жетеді. Топырақтағы ірі қаңқалы бөлшектердің үлкен құрамы олардың көлемдік және тиесілі салмағы, саңылаулылық сияқты физика-химиялық қасиеттерін өзгертеді. Тасты, қатты ұсақ тасталған топырақтар жоғары сүзгіштік қабілетке ие, бұл нақты уақыттағы атмосфералық жауын-шашынның жоқ болуы кезіндегі топырақтың тек құрғақ су режіміне себепші болады.

Ақшыл-қызғылт-қоңыр қалыпты топырақтар тек алқаптардың кең бөлігінде ғана, Дегелең төмен етекті таулы массивін қоршаған шоқылардың сыртқы баурайларында жиірек кездеседі. Олардың тұрақты қалыптасқан бейіні, 35 см аспайтын гумусты көкжиектің қуаты («А» + «В») және көкжиектерге анық бөлінуі бар. Бейін түбінде топырақ түзуші жыныстарға ауысатын тығыз карбонатты-иллювиалды көкжиек ерекше көрінеді. HCl-дан қайнау гумусты көкжиек шегінде байқалады. Жоғарғы көкжиектердегі гумустың құрамы 2,5–3,0 % жетеді.

Жалатпалы жоғары телімдерде қызғылт-қоңыр тау топырақтары кездеседі, оларда, негізінен, борпылдақ шөгінділердің аздаған қуаты бар. Олар бейінінің түсі анық көрінуімен, гумустың құрамының 4 % дейін ұлғаюымен ақшыл-қызғылт-қоңырдан ерекшеленеді.

Аймақтық автоморфты ақшыл-қызғылт-қоңыр топырақтың қалыптасуы ылғалдың күрт жетіспеушілігі жағдайларында жүзеге асады. Бос қалған даланың аймақшаларындағы мөлшері жылына 250 мм аспайтын атмосфералық жауын-шашын ылғалданудың негізгі көзі болып табылады. Шабындық - қызғылт-қоңыр топырақтар, олардан айырмашылығы, жербеткі су ағынының, сол сияқты топырақ суларының есебінен қосымша ылғалдану алатын жартылай гидроморфты қатарға жатады. Олар шабындық-далалық өсімдіктерде қалыптасады. Жусанды-боз-бетегелі шөлейт далалық (боз, бетеге, жусан) таралған өсімдіктерімен қатар көбінесе бұталардың біршама көбірек санының болуы, кейде шөлейт-далалық аралас шөптер және жеке шабындық

өсімдіктері (жауқияқ, сынғыш масақты, аласа мия) болуы байқалады. Шабындық-қызғылт-қоңыр топырақтар зерттеліп жатқан аумақтың Дегелең төмен етекті таулы массивін қоршаған шоқылардың және тізбекті таулардың сыртқы баурайларында таралған. Олар кеңінен тарамаған. Аймақтық топырақтармен салыстырғанда аса жайлы жағдайларда дами отырып, олар гумустық көкжиегінің үлкен қуатымен, олардағы органикалық заттектердің жоғары құрамымен, ал, яғни, оның аса қара бояуымен ерекшеленді. Бұл топырақтарда тұздану және сортаңдану белгілері жиірек көрінеді.

Көптеген өзендердің арналарында, негізінен, шабындық топырақтар және өте сирек – шабындық-батпақты топырақтар дамыған. Шабындық топырақтары арасында кепкен шөлейттелгендер кездеседі, ал кейде тұзданған әр түрлілері де бар, бірақ олардың таралу облысы – бұл жер бетінің еңісі және мұнымен бірге аумақты құрғатуы азаятын Дегелең төмен етекті таулар массивінің шығуындағы түзетілген телімдер. Алқаптардың жоғарғы және орташа ағыстарының шабындық топырақтары, әдеттегідей, жақсы жуылған, сондықтан тұзданбаған, тау массивінің барлық топырақтары сияқты қатты ұсақ тастанған. Олар бейінінің қара-сұр бояуымен, гумусты көкжиектің көп қуатымен ерекшеленеді. Олардағы органикалық заттектердің құрамы ылғалдануға және, тиісінше, гумустың түсуінің көзі болып табылатын, өзендердің бас жағында 20 %-дан сағасында 4–5 % дейін өсімдіктің мол болуына байланысты өзгереді. Алқаптардың шабындық топырақтары ядролық сынақтар жүргізген кезде аса радиациялық ластануға ұшырағаны, өйткені барлық штольнялар өзен алқаптарына арналған. Бірақ ядролық жарылыстар тоқтаған соң да ластану жалғасуда, бұл жарылыс өнімдерінің штольнялардағы топырақ суларымен шығарылуына байланысты.

Өзен алқаптарының өсімдігі, негізінен, нағыз, далалық (айрауық (*Calamagrostis epigeios)* орал миясы *(Glycyrrhiza uralensis)*, қарапайым қоңырбас (*Poa trivialis),* екі гүлді сортаң *(Galatella biflora)*) шабындық нұсқаларымен келтірілген. Күлтәріздес сұр тал *(Salix cinerea),* жалаңаш жапырақты итмұрын *(Rosa glabrifolia)* бұталы тоғай үзінді түрінде тараған.

Шабындық топырақтары-құмтопырақ сулары-өсімдік өзен алқаптарының экожүйелері үнемі радиациялық ластануға ұшырайтындықтан, олар аса жан-жақты зерттеу нысандары ретінде таңдап алынған. Бұл экожүйеде басты назар топыраққа аударылған, өйткені олар поллютанттар үшін, сол сияқты, экожүйеге түсетін және табиғи ортаның басқа да құрауыштарына ауысуы мүмкін техногенді радионуклидтер үшін де депо ретінде қолданылады.

2. «ДЕГЕЛЕҢ» СЫНАҚ АЛАҢЫНЫҢ ШТОЛЬНЯ СУ АҒЫНЫ РАДИОЭКОЛОГИЯЛЫҚ ЖАЙ-КҮЙІНІҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІН ЗЕРТТЕУ

2.1. Зерттеу материалдары мен әдістері

Байтілес бұлағы алқабындағы № 176 штольнядан шығатын су ағындары мен Ұзынбұлақ бұлағының құйылуындағы № 177 штольня экожүйелері жан-жақты зерттеулер нысаны болып таңдап алынады. Алдын ала барлау жасау үшін жолға шығу және «Дегелең» сынақ алаңының су шыққан штольняларының шығыны туралы, штольня суларының радионуклидті сипаттамасы және штольня порталалды алаңдарының лас-

тануы туралы қолда бар деректер негізінде таңдау жасалды. Таңдау үшін маңызды фактор – бұл әр түрлі жағдайлар. Біріншіден, № 176 штольня Байтілес бұлағы алқабында орналасқан, өзен ағыны Дегелең төмен етекті таулы массив шегінен тыс шығады. № 177 штольня Ұзынбұлақ бұлағының оң сағасында орналасқан және барлық ағын алқапта қалады. Екіншіден, № 176 штольня суы көп ^{137}Cs және ^{90}Sr шығарады, ол кезде № 177 штольнядан шығатын суда бұл радионуклидтерден басқа $^{239+240}$Pu – 12 Бк/л дейін және ^{241}Am – 2,6 Бк/л дейін табылған. Зерттеліп жатқан аумақтарда зерттеу үшін радиациялықластанған су ағындарының әсеріне ұшыраған – топырақ және жербеткі сулар, топырақ – экожүйе құрауыштары таңдап алынды. Аталған экожүйелердің ерекшеліктері - олардың орналасуы басқа штольнялардың радиациялық жағдайына әсері жоқ.

Дала жұмыстары радиациялық параметрлерді өлшеу, қоршаған орта құрауыштарының сынамаларын іріктеп алу, жаяу гамма-түсіру, географиялық координаттарын анықтау болды [7, 8, 9, 10, 11, 12, 13].

Радионуклидтер құрамына жасалған зертханалық талдаулар тексерілген зертханалық аппаратурада стандартты әдістемелік нұсқамаларға сәйкес жүргізілді. ^{137}Cs, ^{241}Am, ^{60}Co, ^{152}Eu, ^{154}Eu, ^{40}K, ^{238}U, ^{232}Th шоғырлануы [14] бойынша анықталды, ^{90}Sr және $^{239+240}$Pu құрамы – радиохимиялық әдіспен [15, 16], ^{3}H құрамы TriCarb бета-спектрометрінде анықталды [17].

Топырақтың физика-химиялық қасиеттері топырақтанудағы жалпы қабылданған әдістермен: топырақтардағы гумус құрамы Тюрин әдісімен [18], қышқылдану – потенциометрлік әдіспен [19], ауыспалы кальций мен магнийдің құрамы – 1N катионының NaCl ерітіндісімен ығыстырып шығарылуына негізделген әдіспен [20], механикалық талдама – Качинский әдісімен [21] анықталды.

2.2. Жан-жақты зерттеу нысандары ретіндегі №№ 176 және 177 штольнялардың су ағыны экожүйелерін суреттеу

№ 176 штольня экожүйесі. Бұрын жүргізілген зерттеулер [3] 176 штольня су ағынының жылдық орташа мөлшері 500 л/мин аспайтынын анықтады. Су ағынының жер бетіне шығуындағы радионуклидтердің жылдық орташа тиесілі белсенділігі ^{137}Cs үшін – 89 Бк/кг, ^{90}Sr – 275 Бк/кг, ^{3}H – 341 кБк/кг құрады. Радиациялық мониторинг деректері көрсеткендей, бақылау кезеңіндегі техногенді радионуклидтердің штольня суларымен жылдық шығуы тұрақты болмады және бірінші кезекте атмосфералық жауын-шашынға байланысты болды. Бұл кезде ^{90}Sr құрамы әрқашан ^{137}Cs құрамынан 2–3 ретке асатын [2]. $^{239+240}$Pu тиесілі белсенділігі 0,02 Бк/кг құрайтын табу шегінен төмен болды. Жабу уақытында жүргізілген далалық радиометрия нәтижелері бойынша, порталалды алаңында ЭДҚ 0,50 мкЗв/сағ.аспады, α- және β-бөлшектер ағынының тығыздығы табу шегінен төмен болды (<0,5 және, тиісінше, <10 бөлш/(мин*см^2)) [22].

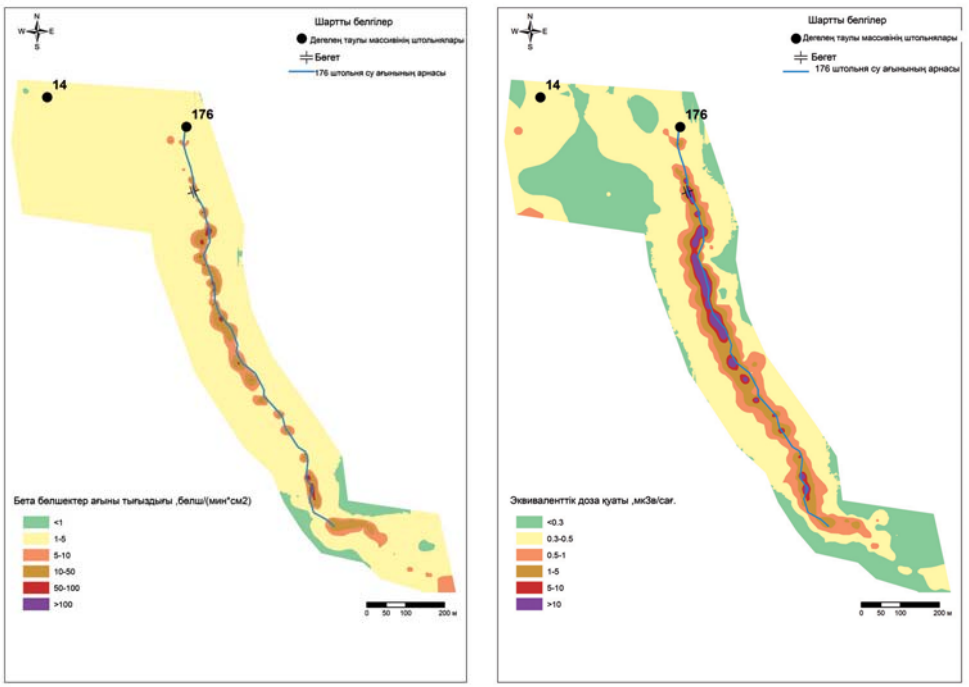
Зерттеліп жатқан аумақ кеуіп қалған құз жыныстары бар, біраз ұзарған, негізгі арнадан ағысы бойынша бөлінген Байтілес бұлағы алқабының сол жақ бөлігі болып саналады. Штольнядан шыққан су ағыны арнасының ені, негізінен, 1 м аспайды. Кейде су ағыны жолында құз жыныстарының үгінділері мен тақталары кездеседі. Бөгеттен 700–750 м қашықтықта, гранит тақталармен қатталған тегіс арнада судың тұрақты ағыны жоқ. Бірақ арна ары қарай биіктігі 3 м дейінгі кемермен төмен түседі, бұл жерде су толған жағдайда су сарқырама болып төмен ағады.

Қысқаша радиациялық сипаттама. Зерттеліп жатқан экожүйенің қазіргі радиациялық ластануын бағалау үшін эквиваленттік доза қуатын және β-бөлшек ағынының тығыздығын топырақ үстінде 25х25 м қадаммен жан-жақты өлшеу жүргізілді.

Зерттеу көрсеткендей, негізгі радиоактивті ластану № 176 штольня су ағынының арнасына орайластырылған (2-Сурет). β-бөлшек ағынының тығыздығы аялық мәндерден 10 бөлш/(мин*см^2)-ден 2700 бөлш/(мин*см^2)-ге дейін құбылады. ЭДҚ мәні 0,13–23,9 мкЗв/сағ. шегінде өзгереді.

№ 177 штольня экожүйесі. Ұзынбұлақ бұлағы алқабындағы ағынның оң жақ бөлігінің зерттеліп жатқан аумағы № 177 штольня су ағынының экожүйесін көрсетеді. Ол негізгі арнадан көтерілу жол үймесі бар, біраз ұзарған, негізгі арнадан ағысы бойынша бөлінген. Су ағынының ені, негізінен, 1 м аспайды.

Ағын жоғалып кететін немесе оның арнасы өзгеретін су ағынының жолында қалдық материалдың үйіндісі кездеседі. Зерттеліп жатқан штольняның қазан-шұңқырлық қуысы орналасқан тау тізбегінің баурайында негізгі су ағынынан басқа суы ортақ өзенге құятын кішкене бұлақтар пайда болады. № 177 штольня су ағынының қайнар көзінен Ұзынбұлақ бұлағының негізгі арнасына дейінгі арақашықтық ≈ 650 м (3-сурет).

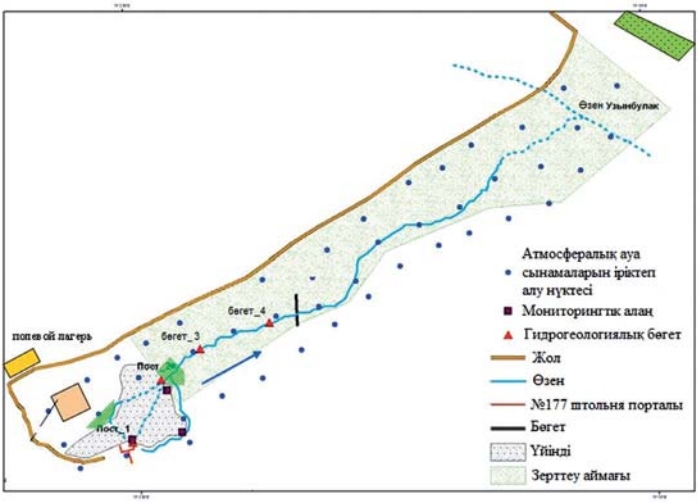


а б

2-Сурет. № 176 штольня сағаалды алаңындағы β-бөлшектер ағыны тығыздығының (а), ЭДҚ (б) таралу карта-сұлбасы

№ 177 штольня қазіргі уақытта үнемі су ағынының болуымен сипатталады (бақылаудың алғашқы жылдарында су шығу маусымдық болды). 2001–2005 жж. бақылау жылдары ішінде 4,4*10^8 (500 л/мин аса) құрайтын судың жылдық орташа

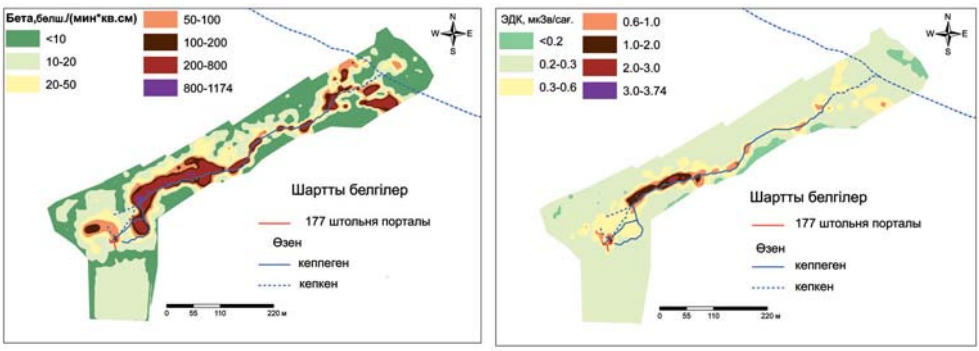
мөлшері белгіленді [3]. Штольня суларындағы радионуклидтердің жылдық орташа шоғырлануы осы кезеңге ^{137}Cs бойынша – 2-ден 6 Бк/кг дейін, ^{90}Sr бойынша – 630-дан 1100 Бк/кг дейін, ^{3}H бойынша – 550-ден 630 кБк/кг дейін құрады. Су сынамаларының бұрын жүргізілген талдамалары $^{239+240}$Pu бойынша араласу деңгейі 12 ретке (0,56 және 6,6 Бк/кг) жоғарылағанын көрсеткен болатын.



3-Сурет. № 177 штольня су ағынының экожүйесін зерттеу аумағының сұлбасы

Қысқаша радиациялық сипаттама. Зерттеліп жатқан экожүйенің қазіргі радиациялық ластануын бағалау үшін эквиваленттік доза қуатын және β-бөлшек ағынының тығыздығын № 177 штольня ауданында топырақ үстінде 10х10 м қадаммен жан-жақты өлшеу жүргізілді.

Зерттеу көрсеткендей, № 177 штольня су ағынының негізгі радиоактивті ластануы сондай-ақ орталық арна бойынша көрінеді (4-сурет). β-бөлшек ағынының тығыздығы аялық мәндерден аспайтындай, 10 бөлш/(мин*см^2)-ден 1200 бөлш/(мин*см^2)-ге дейін құбылады. ЭДҚ мәні 0,18–3,7 мкЗв/сағ. шегінде өзгереді. β-бөлшек ағыны тығыздығының өлшенген мәндері қолданылған өлшеу құралдарының табу шегінен асқан жоқ (0,06 бөлш/(мин*см^2)).

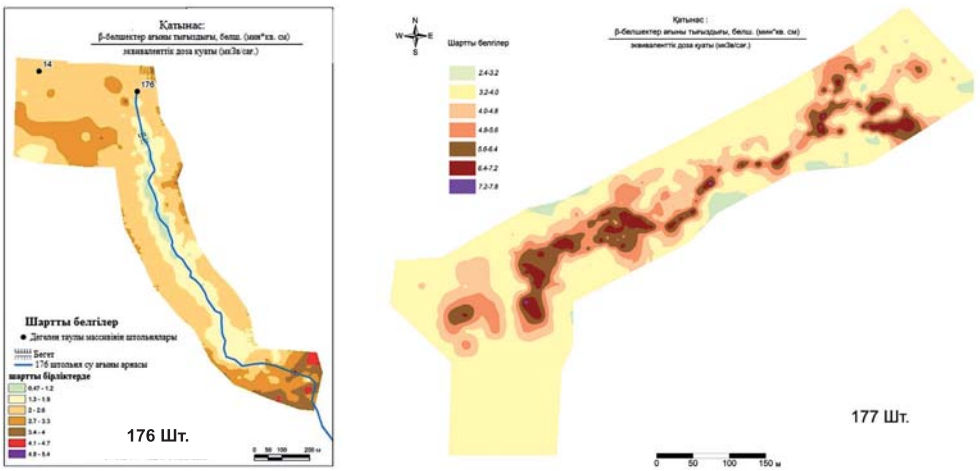


4-Сурет. №177 штольня су ағыны экожүйесіндегі β-бөлшектер ағынының тығыздығы мен ЭДҚ таралуының карта-сұлбасы

2.3. γ- және β-сәуле шығарушы радионуклидтердің қайта таралу сипаты

Егер негізгі γ-сәуле шығарушы радионуклид ^{137}Cs, ал β-сәуле шығарушы радионуклид ^{90}Sr екенін назарға алсақ, онда β-бөлшектермен ластанудың ЭДҚ-на қатынасы ^{90}Sr құрамының ^{137}Cs құрамына қатынасы туралы көрсетеді. β-сәулелену ағынының тығыздығы мәндерінің ЭДҚ-на қатынасының таралуы № 176 штольня су ағыны басталғанда күндізгі жербеткінің негізгі ластаушысы гамма-сәуле шығарушы радионуклид болып табылады (5-сурет). Ары қарай олардың β-сәуле шығарушы радионуклидтермен салыстырғандағы құрамының азаюы жүреді. Сондай таралу өзен арнасының ортасынан жағалауға қарай байқалады. № 177 штольня су ағыны экожүйесінде барлық кездерде β-сәуле шығарушы радионуклидтер негізгі ластаушы болып табылады.

Алынған қатынастар бойынша мынадай қорытынды жасауға болады: № 176 штольня су ағынының басында гамма-сәулеленуге негізгі үлес қосатын ^{137}Cs радионуклиді басым, ал су ағынының аяғында β-сәуле шығарушы - ^{90}Sr басым. № 177 штольня экожүйесінде барлық кезеңде ^{90}Sr басым болуы мүмкін. Бұл алдын ала қорытындылар ары қарай көрсетілетін зерттеліп жатқан су ағындарының арна топырақтарында радионуклидтердің таралуын сипаттайтын сандық деректермен дәлелденеді.



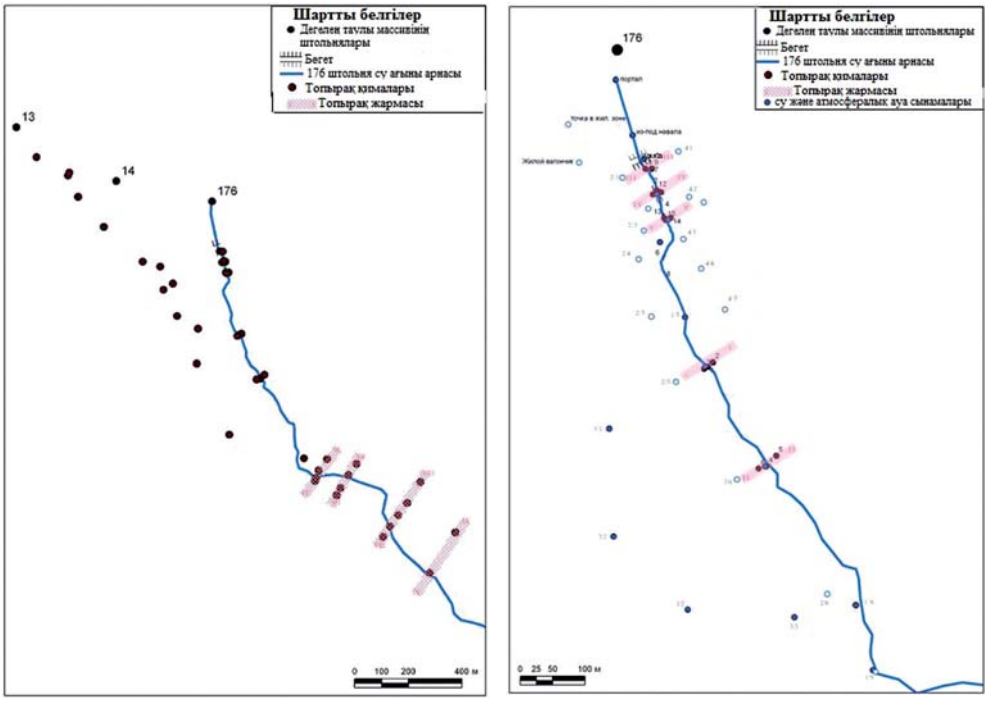
5-Сурет. №№ 176 және 177 штольнялардың сағаалды алаңдарындағы γ- және β-сәуле шығарушы радионуклидтердің қайта таралу сипаты

2.4. Дегелең таулы массиві штольняларынан шыққан су ағындары экожүйесі табиғи орта құрауыштарының радиоактивті ластануының сипатын зерттеу

2.4.1. Жалпы әдіснама

Байтілес бұлағы оң құйылуы топырақ жамылғысының радиоактивті ластану деңгейін сипаттайтын сандық деректерді алу үшін 9 жарманы құрайтын 44 топырақ

қимасы жасалды және генетикалық көкжиектер бойынша 115 топырақ сынамасы іріктеп алынды (6-сурет, а). Олардың ішіндегі 15 қима (5 жарма) (6-сурет, б) № 176 штольня су ағыны экожүйесін сипаттайды.



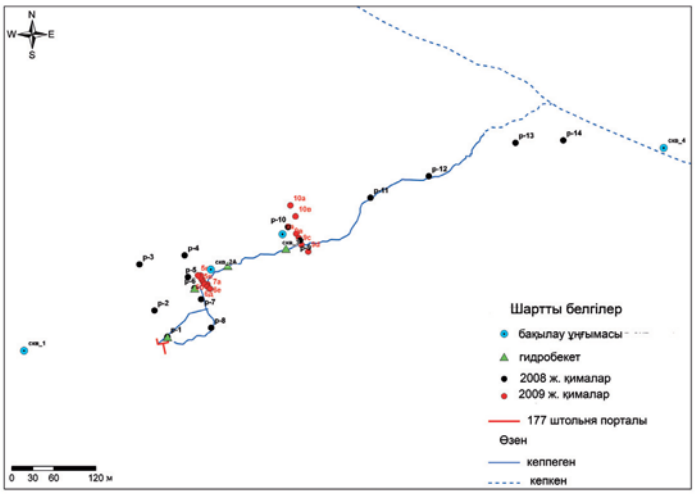
а б

6-Сурет. № 176 штольня экожүйесіндегі топырақ қималарының орналасу сұлбасы

Жармалар су ағынының немесе өзеннің ағысына көлденең жасалған және жанжақты зерттеу телімінде 3 қимадан және су ағынының жалғасы болып табылатын Байтілес бұлағы оң құйылуының төменгі бөлігінде 4, 5 қимадан (VI-IX жармалар) тұрады.

№ 176 штольня су ағыны экожүйесінің 5-орталық қимасындағы зерттеліп жатқан топырақтың жербеткі көкжиегіндегі техногенді радионуклидтердің құрамын жанжақтырақ анықтау үшін 0–5, 5–10, 10–15 см аралықта сынамалар іріктеп алынды.

Ұзынбұлақ бұлағы оң құйылуында орналасқан экожүйе топырақ жамылғысының сипаттамасы үшін зерттеудің бірінші жылында 14 қима, оның 3 жармасы су ағынының арнасына көлденең жатады (7-сурет) және 4 қима құрғақ арнада қатар жалғастырады.



7-Сурет. № 177 штольня экожүйесіндегі топырақ қималарының қойылу сұлбасы

Су ағыны экожүйесі топырағының радиациялық сипаттамасын жан-жақтылау үшін II-II жармада 11 қима және III-III жармада 6 қима қосымша жасалды (7-сурет). Топырақ үлгілері 5-см аралықпен 25–50 см тереңдікке дейінгі жер бетінен іріктеп алынды. Бұдан басқа тереңдігі 120–150 см дейін 2 қима жасалды. Жармалардағы қималар арасындағы аралық қосымша жасалғандарды есепке ала отырып, 1,5–2,0 м жетеді.

Топырақ қималары топырақ түзуші жыныстарға дейін бітелген, ал арнаасты сулардың деңгейіне жеткен кезде қималардан су сынамалары іріктеп алынды.

2.4.2. Топырақ жамылғысының сипаттамасы

Алынған деректерді ескере отырып, зерттеудің 2 телімінен алынған топырақтар шабындық қатарының топырақтарына жатады. Өсімдік жамылғысы шабындықтың аралас шөптерімен келтірілген. Топырақтар аз қуаттыдан толық дамымағанға дейін, арнадағы топырақ қалыңдығының қуаты 40–80 см, жағалау аймақтарында – 20–40 см аспайды.

Қыртыспен берілген (0–7, 0–10 см) топырақтардың жербеткі көкжиегіндегі қарашіріктің жалпы құрамы 3,2-ден 23,7 % дейін құбылады, орташа мәндер кезінде 8–15 % шегінде екені анықталды. Максималды сандар су ағындарының арна жағалауларына орайластырылған, мұнда топырақтардың аса ылғалдануы байқалады. Жербеткіден екінші көкжиекте органикалық заттектердің мәндері күрт төмендейді және 10 % сирек асады. Топырақ түзуші жыныстар деңгейінде бұл көлем 1 % шегінде болады. Су көздерінен алыстаған сайын топырақтардағы қарашірік санының азаюы, бірінші кезекте, аумақтың үстірт ылғалдануына байланысты.

Жуушы су режімі жағдайында топырақтарда карбонатты тұздар (карбонаттардың CO_2) болмайды және жеңіл еритін тұздардың мөлшері, негізінен, 0,1 % жетпейді. Бірақ № 177 штольня су ағындарының жағалауында (2, 6, 7-қималар) байқалған топырақ суларының айналары жақын жатқан кезде, жербеткі көкжиекте тұздар жиналуы мүмкін, бұл оларды әлсіз-сортаңды топырақтар түріне жатқызуға мүмкіндік жасайды. Топырақ су суспензиясының pH сирек бейтарап, көбінесе әлсізсілтілі немесе сілтілі. Топырақ-сіңіруші

кешенде Са катионы басым. Оның мәні орташа саздықұмды топырақтардың жоғары көкжиектерінде топырақтың 100 г 50 мг-экв жетеді. № 176 штольня су ағындарының телімдеріндегі орын алған топырақтың аса жеңіл механикалық құрамы кезінде ауыспалы Са мәні топырақтың 100 г 25-28 мг-экв дейін азаяды. Mg құрамы Са мәнінен шамамен 10 % құрайды, бірақ тереңдеген сайын Са құрамы күрт азаяды, ал Mg көлемі аз дәрежеде өзгереді, бұл ауыспалы катиондардың басқа арақатынастарына әкеледі.

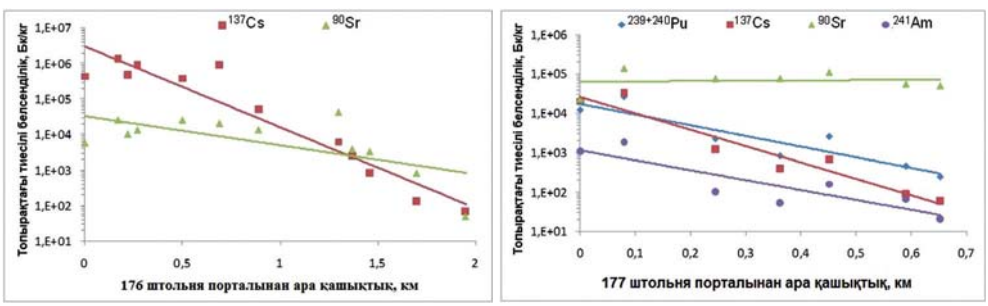
№ 176 штольня су ағыны экожүйесін жан-жақты зерттеу теліміндегі механикалық құрам бойынша топырақтар негізінен жеңіл сазды-құмды және құмдақ, сирек орташа сазды-құмды, бұл кезде Байтілес бұлағы негізгі алқабында және №177 штольня су ағыны телімінде борпылдақ шөгінділер арасында орташа және ауыр саз-құм басым. Бұл төңірек еңісінің азаюына және соның салдарынан аумақтың құрғауының төмендеуіне байланысты. Бұдан шығатыны, №176 штольня су ағыны экожүйесінің шабындық топырақтарында лай бөлшектерінің құрамы 3–8 % шегінде, ал шайылу процесіне аз ұшыраған телімдер топырағында лай құрамы 26–32 % жетеді. Алқаптардың барлық зерттеліп жатқан шабындық топырақтары барлық топырақ бейіні бойынша көп мөлшерде қалдық материалдың: ұсақ жұмыр тасты құм, ірі құм және ірі шаңның қосылуымен ерекшеленді.

Сонымен, төңірек еңісінің азаюы және тиісінше, ағын жылдамдығы аумақтың табиғи құрғауына әкеледі, бұл топырақ көрсеткіштерінде көрініс табады: ұсақ дисперсиялы бөлшектер мен ұсақ қарашірік саны ұлғаяды, жеңіл еритін тұздардың жербеткі көкжиекте жиналуы байқалады.

2.4.3. Штольнялардан аққан су ағынының экожүйелер топырағында жербеткі радионуклидті ластануының қалыптасу сипаты

2.4.3.1. Радионуклидтердің зерттеліп жатқан су ағындарында арна топырақтарында таралуы

Зерттеліп жатқан экожүйелер топырақ жамылғысының жербеткі қабатындағы радионуклидтердің максималды шоғырлануы штольня порталдарынан алыста байқалады. № 176 штольня үшін максимум порталдан ≈170 м, № 177 штольня үшін ≈100 м қашықта байқалады (8 сурет). Екі жағдайдағы максималды шоғырланулар қалдық материал үйіндісінен шыққан су ағынының шығу аймағына орайластырылған, бұл оның ағындарға арналған тосқауыл ретіндегі рөлін көрсетеді.



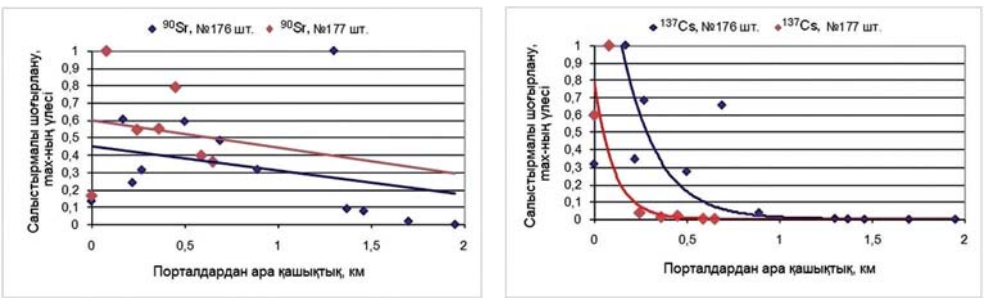
8-Сурет. Зерттеліп жатқан арна топырақтарындағы радионуклидтердің таралуы

Мұндай аймақтардағы радионуклидтердің жиналуы микробедерге байланысты түрлі тосқауылдардың (шыңыраулар, құз жартастары, бөгеу және т.б.), сіңіргіштік (түрлі механикалық құрамдық тау жыныстармен қатталған массивтің буындасу аймақтары), биохимиялық (өсімдік қабаттарымен пайда болған) және басқа да тосқауылдардың болуына байланысты болуы мүмкін.

№№ 176 және 177 штольня су ағындары арнасының топырақтарындағы ^{137}Cs шоғырлануы штольня порталдарынан 1300 және 665 м-де бастаулардағы максималды құрамнан, тиісінше, 3 ретке төмендейді. № 177 штольня су ағындары арнасының топырақтарындағы $^{239+240}$Pu шоғырлануы штольня порталдарынан 300 м-де 3 ретке төмендейді. Басқа жағдай – екі экожүйенің шабындық топырақтарындағы ^{90}Sr таралуы. №176 штольня экожүйесі топырақтарындағы ^{90}Sr құрамы порталдардан 2 км-де іс жүзінде аялық құрамға дейін төмендейді (^{137}Cs – 70 Бк/кг, ^{90}Sr – 50 Бк/кг). №177 штольня су ағындары арнасының топырақтарындағы ^{90}Sr шоғырлануының төмендеуі баяу жүреді және 650 м-де максималды құрамнан 1 ретке төмендейді.

^{241}Am таралуын сипаттайтын қисық сызық толықтай $^{239+240}$Pu қисық сызығын қайталайды. $^{239+240}$Pu және ^{241}Am-дің, ^{137}Cs салыстырғандағы тиесілі белсенділігі азаюының баяу сипатын назарға алады. Портал топырақтарындағы $^{239+240}$Pu тиесілі белсенділігінің аз мәндері кезінде бұрын жылыстау қасиеттері бойынша $^{239+240}$Pu, ^{90}Sr және ^{137}Cs радионуклидтерінен кейін азаю қатарында тұр деп есептелген болса да ары қарай оның көбірек жылыстау қасиеті байқалады. Біздің жағдайда бізде азаятын қатар бар: ^{90}Sr > $^{239+240}$Pu ≥ ^{241}Am > ^{137}Cs. Бұдан шығатыны, $^{239+240}$Pu радионуклидінің № 177 штольня су ағындары экожүйесі топырақтарындағы қозғалуы ^{137}Cs қарағанда жоғары, және оның ауысуы тек жерүсті суларымен ғана жасалмайды. Техногенді радионуклидтерді табу формалары бойынша [23] соңғы жылдардағы зерттеулер көрсеткендей, № 177 штольняның штольнялық суларындағы 50–60 % дейінгі $^{239+240}$Pu иондық формада, бұл оның қозғалмалығын білдіреді. $^{239+240}$Pu біраз мөлшері, ^{90}Sr сияқты, топырақ ағынымен Ұзынбұлақ бұлағының негізгі арнасына жетеді.

Суретте (9-сурет) №№ 177, 176 штольня су ағындары арнасының штольня порталдарынан алыстаған сайын радионуклидтердің топырақтарда таралу сипаты көрсетілген. Радионуклидтердің салыстырмалы шоғырлануларының қисық таралуы арнадан әр түрлі қашықтықта тұрған максималды мәндер үлестерінде көрсетілген.



9-Сурет. Зерттеліп жатқан экожүйелердің шабындық топырақтарындағы максималды шоғырланулардың үлесінде берілген радионуклидтердің зерттеліп жатқан экожүйелердің шабындық топырақтарындағы штольня порталдарынан алыстаған сайынғы таралу сипаттамасы

Алынған нәтижелер ^{90}Sr салыстырмалы шоғырлану мәндерінің үлкен шашырауын көрсетеді, бірақ тіпті, осыған қарамастан, ^{90}Sr екі штольня экожүйелеріндегі таралу сипатының ұқсастығы туралы айтуға болады (9-сурет). Зерттеліп жатқан экожүйелердің штольня порталдарынан алыстаған сайынғы шабындық топырақтарын-дағы ^{90}Sr таралуын сипаттайтын көрсетілген сызықтар бірдей сипатқа ие және тура екі параллель сызықтар ретінде берілген. Екі жағдайда бұл процесті суреттейтін функциялар да бірдей – № 177 штольня үшін $y = –0,15x + 0,60$, № 176 штольня үшін $y = –0,14x + 0,45$.

Екі жағдайдағы ^{137}Cs таралу сипаты штольня порталдарынан алыстаған сайынғы қашықтықтың ұлғаюымен бірге шоғырланудың күрт төмендеуін көрсетеді.

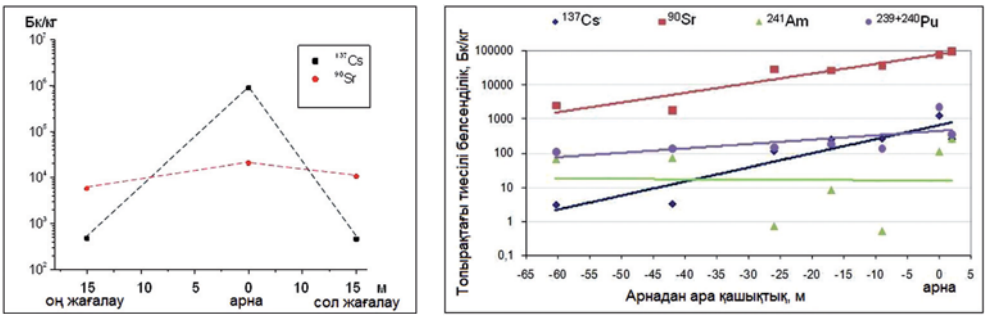
Су шыққан штольнялардың су ағындарын зерттеу нәтижелерін бұлай қорытындылау Дегелең таулы массиві экожүйесінің генезисі бойынша басқа ұқсас шабындық топырақтарындағы радионуклидтердің мінезін болжауға мүмкіндік береді. Радионуклидтердің көлденең бағыттағы мінезін суреттейтін сызықтар негізінде осы берілген уақыт кезеңінде ^{137}Cs күндізгі жер бетіне шыққан жерден 1,5 км алыс, ^{90}Sr – 2 км алысқа тарамайды деп болжауға болады.

2.4.3.2. Радионуклидтердің су ағындары арналарына перпендикуляр топырақтарда таралуы

Радионуклидтердің су ағындары арналарына перпендикуляр таралуы ластану көздері болып табылатын жербеткі және топырақ суларының ағындарына байланысты. Су ағындары экожүйелерінде таралудың көп аймағын ^{90}Sr өзінің қозғалмалығы мен ерігіштігі арқасында алады. Оның таралу ені жербеткі, сол сияқты топырақасты ағыны суларына байланысты (10-сурет). Сондықтан оның таралуы алқап ені мен ондағы борпылдақ шөгінділер қуатымен анықталады.

^{137}Cs таралу аймағы тек жербеткі су алуға және су ағындарынан 10 м шегінде инфильтрация аймағына байланысты (10-сурет). $^{239+240}Pu$ және ^{241}Am таралуы көбінесе кең, өйткені олар суы мол ортада қозғалмалы.

$^{239+240}Pu$ және ^{241}Am радионуклидтерінің штольня порталдарынан алыстаған сайын және су ағындарына перпендикуляр таралуының кейбір әдеттен тыс сипаты бар. Штольня порталдарынан алыстаған сайын орталық арна топырақтарындағы $^{239+240}Pu$ және ^{241}Am тиесілі белсенділігі мәндерінің таралуы ұқсас сипатты, мәндер симбатты жатыр, ал осы радионуклидтердің су ағындарының арналарына перпендикуляр таралуы жағдайында арна орталығынан алыстаған сайынғы түрлі бөлінген жерлерде $^{239+240}Pu$ және ^{241}Am қатынастарында өзгерістер байқалады.

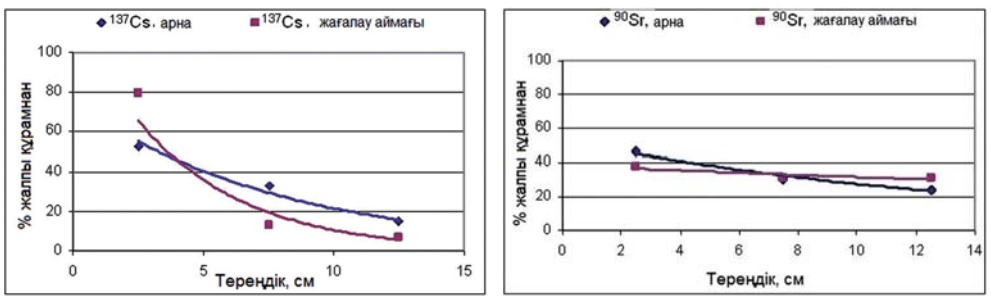


а б

10-Сурет. а) радионуклидтердің жербеткі таралуы (№ 176 штольня);
б) IV-IV жармадағы радионуклидтердің жербеткі таралуы (№ 177 штольня)

2.4.4. Топырақ бейіні тереңдігі бойынша радионуклидті ластанудың қалыптасу сипаты

Радионуклидтердің шабындық топырақтарындағы тігінен таралуы, тұтас алғанда, ССП аумағында да анықталған жалпы қабылданған заңдылықтарға бағынады [24], яғни мәннің тереңдікпен төмендеуі байқалады. Бірақ су көздерімен салыстырғандағы орналасқан орны бойынша әр түрлі телімдердегі өз ерекшеліктері бар. Суретте (11-сурет) экожүйенің әр түрлі телімдеріндегі радионуклидтер мінезінің жалпылама кестесі келтірілген. Жалпылама арнада орналасқан 6 қимада және арнадан 2 метрдей жерде орналасқан (жағалау аймағы) 6 қимада жүргізілді.



а б

11-Сурет. Арнамен салыстырғандағы орналасқан орнына: орталық арна және жағалау аймағы (арнадан 2 метрдей) - байланысты радионуклидтердің топырақ бейінінде тігінен таралу сипаты

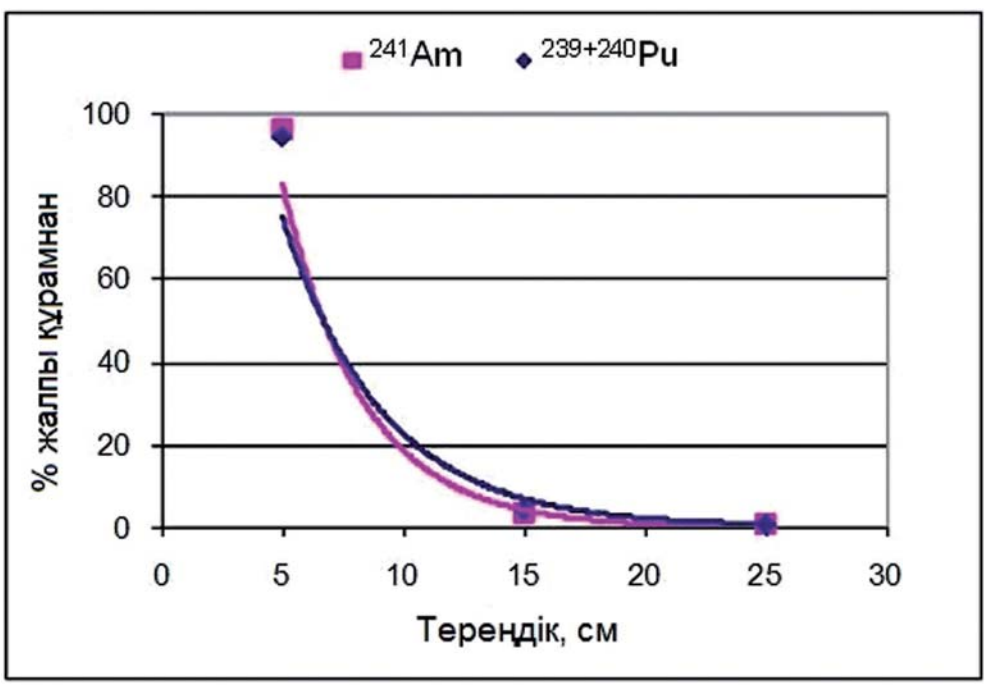
Суретте көрсетілгендей (11-сурет, а), зерттеліп жатқан штольня су ағындарында ^{137}Cs топырақта шоғырлануы топырақ бейіні бойынша шайылған және баяу азаю сипаты бар. Орталық арнадан шамамен 2-3 м қашықтықта, жағалау аймағында, арнаға қарағанда тереңде ^{137}Cs мәнінің аса күрт төмендеуі байқалады. Мұны арнада болатын инфильтрация процесімен түсіндіруге болады. Сонымен, ^{137}Cs топырақ бейіндеріндегі тігінен таралуы ылғалдану дәрежесіне байланысты, бұған зерттеліп жатқан экожүйе жағдайларындағы бақылау нүктелерінің су ағындарынан алыстауы себеп болды.

^{90}Sr саны орталық арнада да, сол сияқты жағалау аймағында да топырақ бейіні тереңдігімен азаяды (11-сурет, б). Арнада және жағалау аймағында бейін бойынша ^{90}Sr таралу сипаты аз ерекшеленеді, бірақ арнада аса жоғары мән жоғарғы көкжиекте байқалады, бұл ластану көзінің – радиоактивті-ластанған су ағынының жақын болуымен түсіндіріледі.

$^{239+240}$Pu және ^{241}Am топырақ бейінінде тереңдікпен таралу сипаты іс жүзінде ерекшеленбейді. Осы радионуклидтердің шамамен 95% жоғарғы топырақ қабатында ораналасқан (12-сурет), ал 25 см тереңдікте олардың мәндері күрт төмендейді.

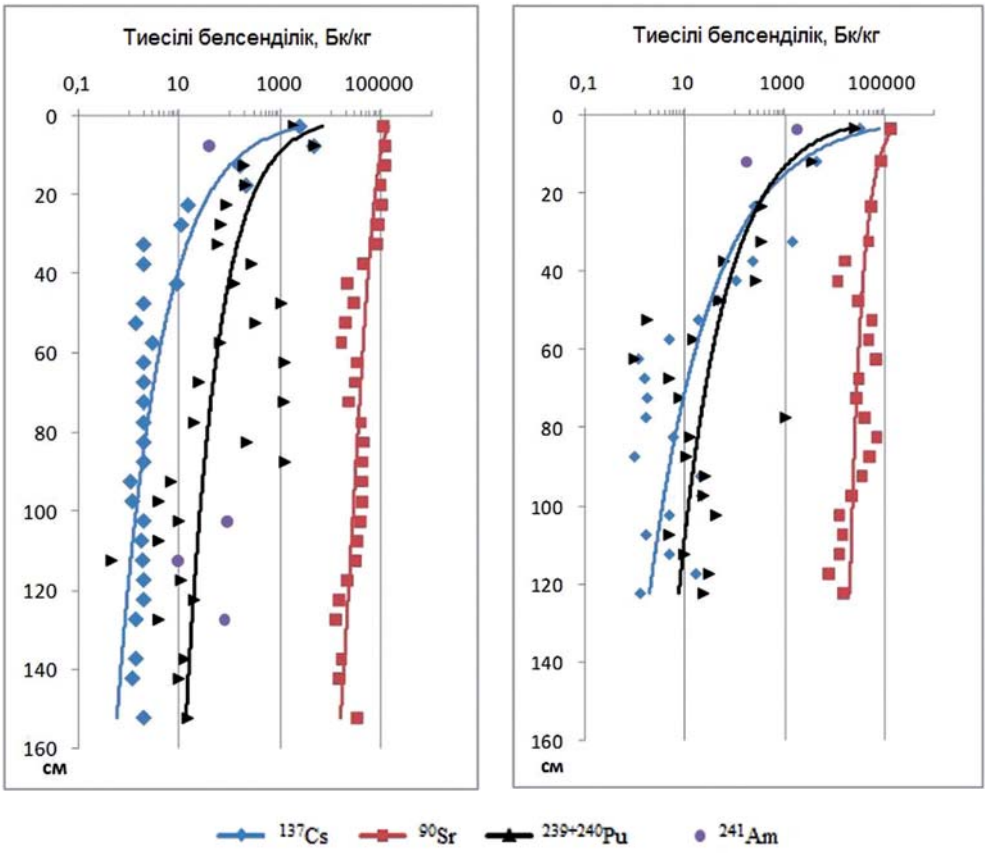
Сонымен, топырақ бейініне тереңірек ену ^{90}Sr тән, аздау тарайтыны ^{137}Cs, топырақ-құмтопырақта тігінен аз қозғалатыны $^{239+240}$Pu және ^{241}Am болып табылады.

№ 177 штольня су ағыны экожүйесінің орталық бөлігінің суы мол топырақ-құмтопырақ қалыңдығындағы техногенді радионуклидтердің тігінен таралуы ^{90}Sr көбіректаралуындәлелдейді(13-сурет).Суымолтопырақ-құмтопыраққалыңдығындағы $^{239+240}$Pu жоғары тиесілі белсенділігі 90 см тереңдікке дейін байқалады (>1000 Бк/кг). $^{239+240}$Pu мұндай жоғары қозғалмалығы көкжиекті таралуындағы сияқты, № 177 штольня суларындағы 50–60 % дейінгі $^{239+240}$Pu ионды формада болғандығымен түсіндіріледі [23].



12-Сурет. $^{239+240}$Pu және ^{241}Am радионуклидтерінің топырақ бейінінде тігінен таралу сипаты (3 қима негізінде)

Сондай-ақ 100-ден 120 см-ге дейінгі тереңдікте 100 Бк/кг асатын ^{241}Am шоғырлануы байқалады (13-сурет, а).



а б

13-Сурет. Радионуклидтердің №177 штольня су ағыны арнасының топырағындағы тігінен таралуы а) 6-қима, б) 6а-қима

2.5. Дегелең таулы массиві штольняларынан шыққан су ағыны экожүйесінің жербеткі және топырақ суларының радиоактивті ластануының өзіндік ерекшеліктері

2.5.1. Зерттеу әдіснамасы

Зерттеліп жатқан экожүйелердің жербеткі суларын зерттеуге су ағындарының гидрогеологиялық және гидрохимиялық режімдерін зерттеу, сондай-ақ су ағындары суларындағы радионуклидтер шоғырлануының штольня ауыздарынан оның жоғалуына дейінгі өсуін зерттеу қосылды. Гидрохимиялық режімдерді зерттеу зерттеліп жатқан телімдердің әр түрлі бөліктеріндегі техногенді радионуклидтердің мәнін зерттеуді өзіне қосты.

2.5.1.1. Зерттеліп жатқан су ағындарының гидрогеологиялық режімін зерттеу

№ 176 штольня су ағындарының гидрогеологиялық режімін бақылау жербеткі су ағынының мөлшерін күнделікті өлшеуден тұрды. Бұл үшін № 176 штольнядан шыққан судың басында ұзындығы 2 м, ені мен биіктігі тиісінше 15 және 20 см металл астауша орналастырылды. Астауша су ағынының мөлшерін өлшеу телімі болып табылды. Аталған телімде су ағынының геометриялық өлшемдері, ағынның жылдамдығы анықталды және осы деректер негізінде су ағынының мөлшері есептелді.

№ 177 штольня су ағынының сұлбаға сәйкес бөліктеріндегі шығындарын анықтау үшін (7-сурет), гидрологиялық бекеттер жабдықталды, нақты өлшеу үшін арна геометриясын тегістеу орындалды. Өзеннің гидрологиялық режімін бақылау № 177 штольня порталы ауданындағы күндізгі жер бетіне су ағынының бекеттердегі мөлшерін күнделікті өлшеуден тұрды (<6 л/мин), №1 гидрологиялық бекеттегі мөлшерді өлшеу жүргізілген жоқ.

2.5.1.2. Су ағындары суындағы радионуклидтердің шоғырлану динамикасын зерттеу әдіснамасы

№176 штольня су ағындары суындағы техногенді радионуклидтердің шоғырлану динамикасын зерттеу үшін судың шығар нүктелерінде әр 3 күн сайын ^{137}Cs және ^{90}Sr, әр 12 күн сайын - $^{239+240}$Pu сынамалары іріктеп алынды. № 177 штольня су ағынынан жабдықталған бекеттерден күнделікті сынамаларды іріктеп алу жүргізілді.

2.5.1.3. Радионуклидтердің су ағыны бойынша бастауынан сағасына дейінгі таралуының әдіснамасы

Радионуклидтердің №176 штольня су ағынының суымен кеңістікте ауысуын зерттеу үшін бейін – портал, үйінді, бөгет, тт. 1/1–1/9) қойылды (6-сурет, б). Қойылған бейіннің әр нүктесінде γ-спектрометриялық және радиохимиялық талдама үшін 2 ай аралықпен 2 реттік қайталану кезіндегі су сынамалары іріктеп алынды. Радионуклидтердің №177 штольня су ағынының суымен кеңістікте ауысуы гидробекеттерден сынамалар іріктеп алу жолымен зерттелді.

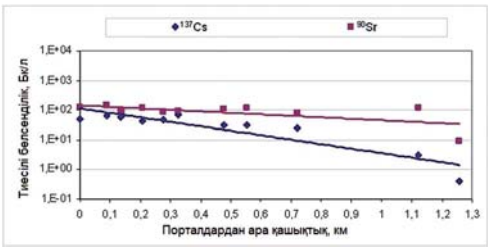
2.5.2. Зерттеулердің нәтижелері

2.5.2.1. Штольнядан аққан зерттеліп жатқан су ағынының жербеткі суларындағы радионуклидтердің қалпының ерекшеліктері

«Дегелең» алаңы штольняларынан аққан су ағындарындағы радионуклидтердің қалпын зерттеу радионуклидтердің су ағынымен қайта таралу заңдылықтарын анықтады.

Техногенді радионуклидтердің штольня порталдарынан алыстаған сайынғы шоғырлануы заңды түрде төмендейді. Порталдан алыстаған сайынғы су ағындарының суындағы $^{239+240}$Pu және ^{137}Cs шоғырлануының төмендеуін суреттейтін сызықтар ^{90}Sr қалпын сипаттайтын сызықтармен салыстырғандағы күрт төмендеуін көрсетеді (14-сурет). Мысалы, № 177 штольня су ағындары суындағы $^{239+240}$Pu және ^{137}Cs шоғырлануы порталдан тіпті 250 м-де аспап өлшемінің төменгі шегіне жақын, бұл кезде ^{90}Sr шоғырлануының төмендеуі азғантай (14-сурет). № 176 штольня ау ағынының суында

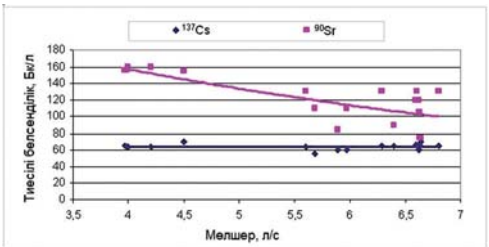
^{137}Cs мәні (аппаратура өлшемінің төменгі шегіне жақын) порталдан үлкен қашықтықта – 1250 м байқалады (14-сурет).



№ 176 штольня № 177 штольня

14-Сурет. Радионуклидтердің зерттеліп жатқан экожүйе жербеткі суларындағы штольня порталдарынан алыстаған сайынғы көлденең таралу сипаты

Сондай-ақ күндізгі жер бетіне шыққан кездегі су ағыны суындағы радионуклидтердің шоғырлануының мөлшерден бағыныштылығы байқалады. Екі су ағындары суындағы ^{90}Sr шоғырлануы мөлшер ұлғайған кезде төмендейді, бірақ № 176 штольняда бұл бағыныштылық күштірек. Мысалы, осы штольняда мөлшер коэффициенті мен ^{90}Sr шоғырлануы арасында түзету коэффициенті r = –0,76, ал № 177 штольняда r = –0,42 құрады. ^{137}Cs шоғырлануының мөлшерден бағыныштылығы әр зерттелген су ағындарында әр түрлі көрінеді. № 176 штольняда шоғырланудың мөлшерден айқын көрінетін бағыныштылығы байқалмайды (r = 0,04), № 177 штольняда тура бағыныштылық көрінеді, яғни су шығыны ұлғайған сайын ^{137}Cs (r = 0,88) мәні ұлғаяды, бұл кезде $^{239+240}$Pu (r = 0,87) (15-сурет).



№ 176 штольня № 177 штольня

15-Сурет. Зерттеліп жатқан су ағыны суындағы радионуклидтер шоғырлануының мөлшерге бағыныштылығы

Зерттеліп жатқан нысандардағы шоғырлануының мөлшерден мұндай қарама-қарсы бағыныштылығы зерттеліп жатқан нысандардың әр түрлі гидрогеологиялық ерекшеліктерінің нәтижелері болуы мүмкін. № 176 штольнядан портал ауданында шыққан судың штольня қуысынан қарсы шыққан суды бейнелейтін бір шығар нүктесі бар. № 177 штольнядан су шығу бір орыннан ғана емес, өйткені мұнда штольня жасалған шоқының барлық баурайы азаяды. Сондықтан аталған жағдайда мөлшердің ұлғаюы кезінде ^{137}Cs және $^{239+240}$Pu бақылаусыз сулардың шығуымен қосымша түсуі болуы мүмкін.

2.6. № 177 штольня экожүйесі жерасты суларының радионуклидті ластануының қалыптасу сипаты

2.6.1. Зерттеу әдіснамасы

№ 177 штольня ауданындағы жерасты суларының радионуклидті ластануын анықтау үшін су ағындарының экожүйе шегінде бақылау ұғымаларын бұрғылау нүктелері таңдап алынды (7-сурет). 4 ұңғыма бұрғыланды, олардың 2-уі алқапта жоғары жатқан штольнялардан радиоактивті ластану ағынының бар екендігін (1 ұңғ.) ағынның № 177 штольнядан Ұзынбұлақ бұлағының негізгі арнасына шығуын анықтайды (4 ұңғ.). 2 және 3 ұңғымалар ағынның ортасындағы радионуклидті ластануды көрсетеді.

2.6.2. Зерттеу нәтижелері

№ 177 штольня су ағыны экожүйесінің жерасты суларындағы радионуклидтердің тиесілі белсенділігі кестеде көрсетілген (1-кесте).

1-Кесте

№ 177 штольня су ағыны экожүйесінің жерасты суларындағы радионуклидтердің мәні

Іріктеп алу нүктелері	Радионуклидтердің тиесілі белсенділігі (Бк/кг)				
	^{137}Cs	^{241}Am	^{90}Sr	$^{239+240}$Pu	^{3}H
2 ұңғ.	0,6±0,2	<0,17	670±110	<0,01	(3,1±0,3)*10^5
3 ұңғ.	<0,18	<0,17	6±2	<0,01	(3,0±0,3)*10^5
4 ұңғ.	0,8±0,3	<0,17	3450±550	<0,46	(2,7±0,3)*10^5
Ескерту: № 1 ұңғымадан су іріктеп алу ондағы іріктеп алу уақытында судың болмау себебінен жүзеге аспады.					

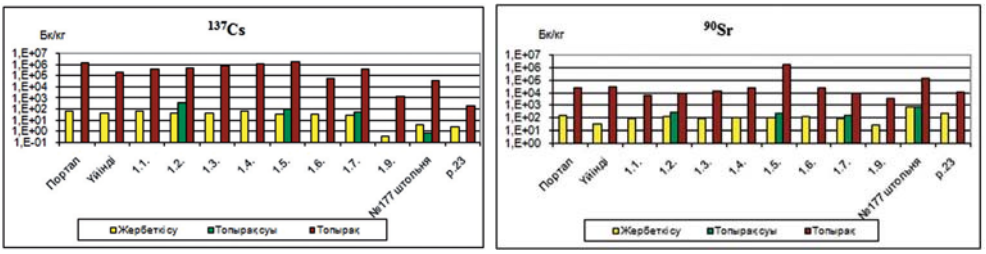
Зерттеліп жатқан телімнің жерасты суларындағы ^{137}Cs шоғырлануы азғантай өзгерді (< 0,18-ден 0,8 Бк/кг дейін). Топырақ суларындағы ^{90}Sr шоғырлануы Ұзынбұлақ бұлағының негізгі арнасының алқабында (№4 ұңғыма) бастапқы мөлшерге қарағанда 5 рет ұлғая отырып, (0,006–3,5)*10^3 Бк/кг шегінде өзгереді. Бәрінен бұрын №4 ұңғыманы ^{137}Cs және ^{90}Sr радионуклидтерінің аса жоғары мәні бар топырақ ағыны кесіп өтеді.

^{3}H әр түрлі су типтерінде таралуының кейбір ерекшеліктерін атап өтуге болады. Мысалы, № 2 және № 3 ұңғымаларынан алынған су сынамаларындағы ^{3}H тиесілі белсенділік мәні оның жербеткі сулардағы мәндерімен бір деңгейде, бұл олардың өзара тығыз байланыста екендігін растайды. №4 ұңғымадағы ^{3}H төменірек мәндері, бәрінен бұрын, Ұзынбұлақ алқабы бас жағынан жерасты сулары ағынының ^{3}H радионуклидімен салыстырғандағы «тазарақ» №177 штольня бұлағымен қиылысу орнына түсуіне байланысты.

2.7. Жербеткі сулары-топырақасты сулары-топырақ жүйесіндегі радионуклидтердің қайта таралу сипаты

Әр түрлі ортада, бірақ іріктеп алудың бір орнындағы радионуклидтер құрамының өзара қатынасы радионуклидтердің төменірек мәндері жерүсті суларында (^{137}Cs – 0,41-ден 68 Бк/кг дейін, ^{90}Sr – 9-ден 155 Бк/кг дейін), бірақ көбірек топырақ суларында (^{137}Cs – 57-ден 480 Бк/кг дейін, ^{90}Sr – 155-ден 270 Бк/кг дейін) және максимал-

ды мәндер жербеткі көкжиек топырақтарында (^{137}Cs – 5,1*10^{4}-тен 1,4*10^{6} Бк/кг дейін, ^{90}Sr – 9*10^{3}-тен 2,6*10^{4} Бк/кг дейін) байқалатынын көрсетеді (16-сурет).

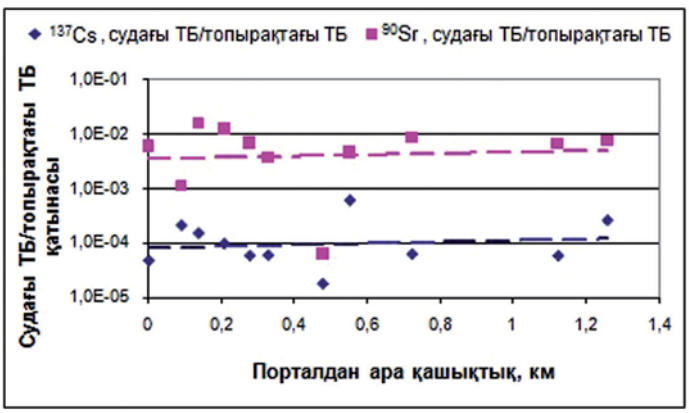


а б

16-Сурет. № 176 штольня су ағыны экожүйесі топырағындағы, жербеткі және топырақ суларындағы ^{137}Cs және ^{90}Sr радионуклидтерінің құрамы

Қатар талдамалардың келтірілген деректері жербеткі, топырақ сулары мен топырақтардағы радионуклидтер құрамының түрлі мөлшерлерін көрсетеді, бұл олардың бір жағынан топырақпен сіңірілуін және олардың жай-күйінің жүйедегі басқамен бірдей салмақ тепе-теңсіздігі жоқ екендігі туралы айтады.

Штольнядан шыққан су ағындары экожүйелерінің құрауыштарындағы тиесілі белсенділік туралы алынған деректер негізінде су ағыны суларындағы радионуклидтердің тиесілі белсенділігінің осы нүктеден алынған топырақтағы тиесілі белсенділігіне қатынастары есептелді (17-сурет). № 176 штольня су ағыны бойымен порталдан Байтілес бұл. оң сағасымен қосылған жерден алынған осы ортадағы ^{137}Cs тиесілі белсенділіктерінің қатынас талдамасы мәндердің көбісінің 2 реттің шегінде – 10^{-4} және 10^{-5} жатқанын көрсетті. ^{90}Sr тиесілі белсенділігі қатынастарының алынған мәндері бір реттің шегінде орналасқан – 10^{-3} (11 жағдайдың ішіндегі 8-і) (17-сурет).



17-Сурет. №176 штольня су ағыны суларындағы ^{137}Cs және ^{90}Sr тиесілі белсенділігінің осы радионуклидтердің топырақтағы тиесілі белсендігіне қатынасы

№ 177 штольня су ағынынан және Байтілес бұл. басынан қосымша қосылған нүктелер көріністі өзгерткен жоқ (2-кесте).

2-Кесте

Судағы радионуклидтердің тиесілі белсенділігінің радионуклидтердің топырақтағы тиесілі белсендігіне қатынасы

Штольня №	Судағы радионуклидтердің тиесілі белсенділігінің радионуклидтердің топырақтағы тиесілі белсендігіне қатынасы											
	^{90}Sr				^{137}Cs				$^{239+240}$Pu			
	min	max	орташа	N	min	max	орташа	N	min	max	орташа	N
176	$6,3*10^{-5}$	$1,6*10^{-2}$	$6,6*10^{-3}$	11	$1,8*10^{-5}$	$6*10^{-4}$	$1,5*10^{-4}$	11	-	-	-	-
177	$5,4*10^{-3}$	$1,8*10^{-2}$	$8,6*10^{-3}$	3	$1,1*10^{-4}$	$1,3*10^{-3}$	$7*10^{-4}$	2	$1*10^{-4}$	$8,1*10^{-3}$	$9,1*10^{-4}$	2

Штольня порталдарынан шығар жерде судағы радионуклидтердің максималды тіркелген тиесілі белсенділігінің осы штольня порталалды алаңдардың топырақтарындағы радионуклидтердің максималды тіркелген тиесілі белсенділігіне қатынастарының талдамасы ^{137}Cs радионуклиді үшін қатынас мәндерінің орташа мәні 10^{-3} кезінде 10^{-2}–10^{-5} мәндер шегінде өзгеретінін көрсетеді (3-кесте). $^{239+240}$Pu радионуклиді үшін қатынастардың мәндері орташа мәні 10^{-3} кезінде 10^{-2}–10^{-6} мәндер шегінде өзгереді. ^{90}Sr үшін қатынастардың мәндері 10^{-1}–10^{-3} мәндер шегінде өзгереді және орташа алғанда 10^{-2} құрайды. ^{241}Am үшін алынған қатынастардың мәндері бірлі жарым және орташа алғанда 10^{-4} құрайды.

Сондай-ақ штольнядан шыққан су ағындары экожүйе топырағындағы максималды тиесілі белсенділіктер туралы деректер және осы штольня су ағындары суындағы максималды тиесілі белсенділіктер туралы деректер негізінде судағы радионуклидтердің тиесілі белсенділігінің топырақтағы радионуклидтердің тиесілі белсенділігіне қатынастары құрылды (3-кесте).

3-Кесте

Порталалды алаңдар суындағы радионуклидтердің максималды тиесілі белсенділігінің топырақтағы радионуклидтердің тиесілі белсенділігіне қатынастары

Штольня №	Порталалды алаңдар топырақтарындағы радионуклидтердің максималды тиесілі белсенділігі, Бк/кг, судағы, Бк/л және судағы тиесілі белсенділіктің қатынастары / топырақтағы тиесілі белсенділіктері											
	^{137}Cs			^{90}Sr			$^{239+240}$Pu			^{241}Am		
	топырақта	суда	қатынас	топырақта	суда	қатынас	топырақта	суда	қатынас	топырақта	суда	қатынас
802	$1*10^{3}$	22	$2,2*10^{-2}$	610	71	$1,2*10^{-1}$	832	0,258	$3,1*10^{-4}$	-	-	-
203	$1,3*10^{4}$	5	$3,8*10^{-4}$	330	11	$3,3*10^{-2}$	379	<0,02	$<5,3*10^{-5}$	-	-	-
177	$5,2*10^{4}$	65	$1,3*10^{-3}$	$1,3*10^{5}$	$2,1*10^{3}$	$1,6*10^{-2}$	$1,7*10^{4}$	2,49	$1,5*10^{-4}$	$2,4*10^{3}$	2,6	$1,1*10^{-3}$
163	646	2	$3,1*10^{-3}$	$1,8*10^{5}$	930	$5,2*10^{-3}$	134	-	-	-	-	-
179	64	-	-	-	185	-	200	0,05	$2,5*10^{-4}$	-	-	-
607	218	<0,6	$<2,8*10^{-3}$	42	-	-	$7,6*10^{3}$	0,043	$5,6*10^{-6}$	-	-	-
11	6*105	26	$4,3*10^{-5}$	$9,9*10^{4}$	-	-	116	-	-	-	-	-
165	$2*10^{6}$	495	$2,5*10^{-4}$	$1,3*10^{5}$	$1,5*10^{3}$	$1,2*10^{-2}$	79	0,88	$1,1*10^{-2}$	1200	<0,8	$<6,7*10^{-4}$
176	$1,7*10^{6}$	110	$6,1*10^{-5}$	$5,3*10^{4}$	490	$9,2*10^{-3}$	700	0,05	$7,1*10^{-5}$	-	<1,1	-
609	$6,5*10^{6}$	359	$5,5*10^{-5}$	$1,8*10^{4}$	730	$4,1*10^{-2}$	729	0,9	$1,2*10^{-3}$	-	<0,8	-
орташа	-	-	$3,3*10^{-3}$	-	-	$3,4*10^{-2}$	-	-	$1,6*10^{-3}$	-	-	$8,8*10^{-4}$

Тұтас алғанда, алынған қатынастар бойынша (2-кесте, 3-кесте) су ағындары экожүйесі топырақтарындағы радионуклидтердің максималды мүмкін құрамына осы су ағындары суындағы радионуклидтердің тиесілі белсенділігі бойынша болжамды бағалау жасауға болады.

Сонымен, аталған зерттеулерді жүргізу барысында №№176 және 177 штольнялардан шыққан су ағындары экожүйесі құрауыштарындағы радионуклидтердің мінезінің ерекшеліктері анықталды. β-бөлшектің ЭДҚ-ға алынған қатынастары бойынша №176 штольня су ағынының басында гамма-сәулеленуге негізгі үлес қосатын ^{137}Cs басым, ал су ағынының аяғында негізгі бета-сәуле шығарушы - ^{90}Sr басым деген болжам жасалды. №177 штольня экожүйесінде барлық ұзына бойында ^{90}Sr басым. Бұндай алдын ала қорытындылар зерттеліп жатқан арна топырақтарындағы радионуклидтердің таралуын сипаттайтын сандық деректермен дәлелденді.

$^{239+240}$Pu радионуклиді су ағыны арнасынан көлденеңінен кесе-көлденең және ұзына бойымен ауысу жағдайында да, топырақ бейінінде тереңге де ^{137}Cs қарағанда қозғалмалы екендігі анықталды. ^{137}Cs кеңістікте жылыстауы азғантай ара қашықтықпен және су ағынымен шектеледі. Су ортасында көбірек еритін және қозғалмалы ретіндегі ^{90}Sr кеңістікте ластану көзінен алыс қашықтыққа көбірек таралады. Сондай-ақ радионуклидтердің топырақтағы құрамдарын осындай радионуклидтердің судағы тиесілі белсенділігі бойынша бағалау болжамының мүмкіндігі анықталды.

Экожүйенің қатар құрауыштарындағы радионуклидтер құрамының әр түрлі мөлшерлері (жербеткі сулар – топырақ сулары – топырақтар) олардың аталған жүйедегі салмағының тең еместігі туралы айтады.

3. ДЕГЕЛЕҢ ТӨМЕН ЕТЕКТІ ТАУЛЫ МАССИВІ БҰЛАҚТАРЫ АЛҚАБЫНДАҒЫ ШАБЫНДЫҚ ТОПЫРАҚТАРЫНЫҢ РАДИОНУКЛИДТІ ЛАСТАНУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІН ЗЕРТТЕУ

3.1. Дегелең төмен етекті таулы массиві бұлақтарыалқабындағы шабындық топырақтарының радионуклидті ластану сипатын зерттеу

Экожүйедегі техногенді радионуклидтердің жылыстауын зерттеудің жалпы мәселесінде олардың өзендер бастауынан соңғы ағын аймағына дейінгі алқапта қозғалуының аспектісі көп рөл ойнайды. Су шыққан штольнялар бар болған кезде бұл процесс су ағындарындағы ағынның күші арқасында күшейеді. Аталған жұмыстар шегінде штольняларда ядролық қарудың жерасты сынақтары жүргізілген Дегелең таулы массивінің аса ірі бұлақтары – Ұзынбұлақ, Байтілес, Тоқтакүшік және Қарабұлақ бұлақтары алқаптары зерттеу нысандары болып табылды.

3.1.1. Зерттеудің жалпы әдіснамасы

Өзендердің зерттеліп жатқан радиоэкологиялық жағдайы туралы бастапқы деректерді алу, олардың радиоактивті ластануының мүмкін көздерін анықтау үшін ҚР ҰЯО РҚЭИ қорындағы қолда бар радиологиялық деректердің алдын ала талдамасы

жүргізілді. Зерттеліп жатқан алқаптардың штольня су ағындарының бар болуы туралы ақпаратты, су ағындарының су шығындары мен штольня су ағындары суларының және порталалды телімдердің радиациялық сипаттамасын қосатын штольнялардың порталалды телімдеріне сипаттама берілді. Алынған ақпаратты есепке ала отырып, радионуклидтердің өзендер бастауынан соңғы ағын аймағына дейінгі алқапта қозғалу процесін зерттеу үшін Ұзынбұлақ, Байтілес, Тоқтакүшік және Қарабұлақ бұлақтарыарнасының бойымен су шыққан және су шықпаған штольня порталдарынан бастап көлденең бейіндер салынды. Көлденең бейіндер штольнядан негізгі арнаға дейінгі сайларда (құйылым) Ұзынбұлақ бұлағы алқабына перпендикуляр орналасты (1-сурет).

Ұзынбұлақ бұлағы алқабында бастауынан арнаға қарай № 034 штольня порталынан 30 м-де оның Дегелең төмен етекті массивінен шығуына дейін 7 алаңнан тұратын бейін бойлай жасалды (1-сурет). Соңғы алаң төмен етекті массивтің шегінен тыс, үйілген бөгет – жолдан 200 м-де орналасқан. Байтілес бұлағы алқабында бейін 6 алаңнан тұрады. Оның басталуы № 609 штольня порталынан 20 м-де, соңғы алаң Дегелең массиві шегінен тыс айналмалы жолдан 7–7,5 км-де орналасқан. Тоқтакүшік бұлағы алқабында бойлай салынған бейін 5 алаңнан тұрады, біріншісі № 165 штольня порталынан 50 м-де, соңғысы өзеннің соңғы құйылуының шашырау аймағында, Дегелең массивінен 7 км-де орналасқан. Қарабұлақ бұлағы алқабында 4 алаңнан тұратын бейін бойлай салынған. Өзен құйылуының арна басында бір қимадан, 3-ші екі құйылудың қосылу орнында, соңғысы – тау массивінен шығардағы өзеннің құрғақ жазық арнасында орналасқан.

Ұзынбұлақ бұлағы алқабында көлденең бейін орналасқан: өзен бастауында № 705 штольня порталынан 20 м-де оң жағалау құйылуында (сайда) және 3 алаңнан тұрады; Ұзынбұлақ бұлағының орта ағысында № 806 штольня порталынан 135 м-де оң жағалау сайда және 4 алаңнан тұрады; алқаптың төменгі бөлігінде № 126 штольня порталынан 30 м-де сол жағалау сайда және 2 алаңнан тұрады.

Барлық бейіндердің тұрақты су шығатын немесе уақытша су шығатын штольнядан жасалмағанын атап өту керек. Мысалы, Байтілес және Тоқтакүшік бұлақтарындағыбейіндер тұрақты су шығатын № 609 және № 165 штольнялардан жасалған. Ұзынбұлақ бұлағын бойлай жасалған бейін су шықпайтын № 034 штольня порталына жақын басталады. Бірақ бұл өзеннің құйылымдарында және алқап қапталдарында (№ 104 штольня) тұрақты су шығатын штольнялар бар, олардың құйылымы өзен арнасына жетуі мүмкін. Ұзынбұлақ бұл. алқабындағы көлденең бейіндер су шықпайтын штольня порталдарынан және негізгі алқаптың қапталында (А-А), өзеннің орташа бөлігінің оң жағалау құйылымында (Б-Б) салынған.

3.1.2. Зерттеу нәтижелері

3.1.2.1. Ұзынбұлақ бұлағы алқабы шабындық топырақтарының радионуклидті ластану сипаты

Ұзынбұлақ бұлағы алқабының жалпы сипаттамасы. Дегелең таулы массивінің барлық өзендерінің ішіндегі ең ірі су көзі Ұзынбұлақ бұл. болып табылады. Ұзақтығы шамамен 20 км Ұзынбұлақ бұл. алқабында су жиналудың ірірек алаңы бар. Өзеннің өзіне және оның құйылуына 50-ге жуық штольня тиіп тұр. Атмосфералық

жауын-шашындар штольня қуысында жинала отырып, нақты көлемге жеткенде күндізгі жер бетіне шығатын су ағынын жасайды. Әр түрлі штольнялардан су жинайтын өзендер жалпы құйылымға құйылады, бұл құйылымдар, өз кезегінде, Ұзынбұлақ бұлағы алқабының негізгі арнасына шығады. Бес штольняның (№№ 173, 181, 203, 802 және 204) уақытша маусымдық су ағындары бар, ағындар, әдетте, мамыр-маусымда ағады. №№ 177 және 104 штольнялардың тұрақты су ағындары бар.

Ұзынбұлақ бұл. бастауларында №№ 168, 707,164, 163, 034, 162 штольнялар орналасқан (4-кесте).

4-Кесте

Ұзынбұлақ бұл. бастауларындағы штольнялардың сипаттамасы

Штольня №	Сынақ жүргізілген күн	Жарылыс қуаты, кт	Порталалды алаңдағы максималды тиесілі белсенділік, Бк/кг (суда, Бк/л)				Су шығу
			^{137}Cs	^{90}Sr	$^{239+240}$Pu	^{241}Am	
168	17.07.87 06.02.88	20-150 кт 0,001-20 кт <0,001 (х2)	1,2*10^{3}	<100	960	<1	жоқ
707	29.03.77	0,001-20 кт (х2)	4,9*10^{5}	1,8*10^{4}	9	18	жоқ
164	06.05.87 20.12.87	0,001-20 0,001-20	14	9	98	-	жоқ
163	20.02.75 19.05.76	0,001-20 кт (х3) 0,001-20 кт	646 (2)	1,8*10^{5} (930)	134	-	уақытша
034	18.10.88	0,001-20 кт	55	5*10^{4}	520	-	жоқ
162	29.11.78	0,001-20 кт	94	156	62	-	жоқ

№№ 803, 803 бис, 141 штольнялар орналасқан құйылымдар негізгі арнаға қарай сол жағынан төмен ағады (5-кесте).

5-Кесте

Ұзынбұлақ бұл. бірінші сол жақ құйылу штольняларының сипаттамасы

Штольня №	Сынақ жүргізілген күн	Жарылыс қуаты, кт	Порталалды алаңдағы максималды тиесілі белсенділік, Бк/кг				Су шығу
			^{137}Cs	^{90}Sr	$^{239+240}$Pu	^{241}Am	
803	26.12.77 20.12.78	0,001-20 кт 0,001-20 кт (х2)	38	3	84	57	жоқ
803бис	23.11.84	0,001-20 кт (х3)	3,6*10^{4}	1,9*10^{3}	-	-	жоқ
141	31.05.79	0,001-20 кт (х3)	3,9*10^{3}	563	2,8*10^{3}	658	жоқ

Шоқылар баурайында №№ 172, 173, 706, 169/1, 177 штольнялар орналасқан құйылымдар өзеннің оң жағалауындағы құйылымның еңісі бойынша ары қарай төмен орналасқан (6-кесте).

6-Кесте

Ұзынбұлақ бұл. бірінші оң жақ құйылу штольняларының сипаттамасы

Штольня №	Сынақ жүргізілген күн	Жарылыс қуаты, кт	Порталалды алаңдағы максималды тиесілі белсенділік, Бк/кг (суда, Бк/л)				Су шығу, мөлшері
			^{137}Cs	^{90}Sr	$^{239+240}$Pu	^{241}Am	
172	25.12.82	0,001-20 кт (х2)	$5,4*10^4$	60	310	-	жоқ
173	22.05.80	0,001-20 кт (х3)	200	$7,3*10^3$	130	-	жоқ
706	25.04.71 30.12.76	90 кт 0,001-20кт	640	29	390	-	жоқ
169/1	23.11.88	0,001-20 кт (х2) <0,001	76	97	26	-	жоқ
177	30.03.83	0,001-20 кт	$5,2*10^4$ (65)	$1,3*10^5$ (2098)	$1,7*10^4$ (2,49)	$2,4*10^3$ (2,6)	тұрақты, *557 л/мин
*Ескерту: Су ағынының мөлшері мұнда және ары қарай 2005 ж. зерттеулер негізінде келтірілген							

Көрсетілген бес штольняның № 177 штольнясында тұрақты су шығу байқалады. № 177 штольня порталынан өзенге дейінгі ара қашықтық – 650 м. № 177 штольнядан су ағынымен радионуклидтердің шығуы ^{137}Cs бойынша – 880 Бк/мин, ^{90}Sr бойынша – $1,4*10^5$ Бк/мин құрады. Су ағынының негізгі арнаға құю орнынан төмен № 178 штольня орналасқан. Штольняның су ағындары жоқ.

Ары қарай, ағыспен төмен, сол жақ құйылымда №№ 147, 901, 132 штольнялар орналасқан (7-кесте).

7-Кесте

Ұзынбұлақ бұл. екінші сол жақ құйылу штольняларының сипаттамасы

Штольня №	Сынақ жүргізілген күн	Жарылыс қуаты, кт	Порталалды алаңдағы максималды тиесілі белсенділік, Бк/кг (суда, Бк/л)				Су шығу
			^{137}Cs	^{90}Sr	$^{239+240}$Pu	^{241}Am	
147			28	20	$2*10^3$	-	жоқ
901	19.07.85. 28.12.88	0,001-20 кт 0,001-20 кт (х2)	25	39	120	-	жоқ
132	09.09.84 18.09.87	0,001-20 кт (х4) 0,001-20 кт 0,001-20 кт	300	250	760	408	жоқ

ССП қазіргі зерттеулер уақытында осы штольняларда су шығу байқалған жоқ. Ары қарай, оң жақ кішірек құйылымда № 705 штолня орналасқан (8-кесте). Ары қарай Ұзынбұлақ бұл. алқабының қапталында № 181 штольня орналасқан. Бұл штольнядан тікелей Ұзынбұлақ бұл. құятын уақытша су шығу байқалады.

8-Кесте

Ұзынбұлақ бұл. екінші оң жақ құйылу штольняларының сипаттамасы

Штольня №	Сынақ жүргізілген күн	Жарылыс қуаты, кт	Порталалды алаңдағы максималды тиесілі белсенділік, Бк/кг				Су шығу
			^{137}Cs	^{90}Sr	$^{239+240}$Pu	^{241}Am	
705	28.06.70	0,001-20 кт 0,001-20 кт	1,5*10^3	9,7*10^3	67	-	жоқ
181	10.04.80	0,001-20 кт (х2)	37	1,2*10^3	4	-	уақытша

Ұзынбұлақ бұл. орта ағысында төрт штольняның (№№ 806, 174, 179, 708) әсер етуші аймағындағы тау баурайы суларының тасқынымен пайда болған, су ағындары жоқ үшінші оң жақ құйылым орналасқан (9-кесте).

9-Кесте

Ұзынбұлақ бұл. үшінші оң жақ құйылу штольняларының сипаттамасы

Штольня №	Сынақ жүргізілген күн	Жарылыс қуаты, кт	Порталалды алаңдағы максималды тиесілі белсенділік, Бк/кг (суда, Бк/л)				Су шығу
			^{137}Cs	^{90}Sr	$^{239+240}$Pu	^{241}Am	
806	10.07.73.	0,001-20 (х2) <0,001	4,7*10^3	8,5*10^4	66	-	жоқ
174			34	5,9	690	-	жоқ
179	13.09.74.	0,001-20	64	22 (185)	200 (0,05)	-	жоқ
708	16.08.72.	8	815	30	78	-	жоқ

Соңғы төртінші сол жақ құйылымда 10 штольня орналасқан (10-кесте). Осы құйылымның алқабында арнаның сол жағынан бұрын тұрақты су ағыны болған № 802 және уақытша су шыққан № 203 штольня орналасқан.

10-Кесте

Ұзынбұлақ бұл. төртінші сол жақ құйылу штольняларының сипаттамасы

Штольня №	Сынақ жүргізілген күн	Жарылыс қуаты, кт	Порталалды алаңдағы максималды тиесілі белсенділік, Бк/кг (суда, Бк/л)				Су шығу, мөлшері
			^{137}Cs	^{90}Sr	$^{239+240}$Pu	^{241}Am	
126	04.04.80.	0,001-20	55	930	11	-	жоқ
802	28.01.70. 21.12.79.	0,001-20 (х3) 0,001-20	1*10^3 (22)	610 (71)	830 (0,258)	-	бұрын тұрақты болған, 719 л/мин
203	21.09.82. 02.11.83.	0,001-20 (х2) 0,001-20	1,3*10^4 (5)	330 (11)	379 (<0,02)	-	уақытша

Штольня №	Сынақ жүргізілген күн	Жарылыс қуаты, кт	Порталалды алаңдағы максималды тиесілі белсенділік, Бк/кг (суда, Бк/л)				Су шығу, мөлшері
			^{137}Cs	^{90}Sr	$^{239+240}$Pu	^{241}Am	
196	25.06.82.	0,001-20 0,001-20	8,9*10^{3}	1*10^{4}	38	32	жоқ
195	10.07.74. 18.07.79.	0,001-20 0,001-20	8,7*10^{5}	3,4*10^{4}	710	231	жоқ
607	01.10.69	0,001-20 (x2)	220 (<0,6)	42	7,6*10^{3} (0,043)	-	жоқ
194	31.10.78.	0,001-20	2,1*10^{5}	85	6,8*10^{3}	160	жоқ
704	22.04.88.	0,001-20	8,9*10^{4}	26	1,2*10^{4}	99	жоқ
129	26.12.83.	0,001-20	250	140	480	13	жоқ
510	26.06.70.	20-150	76	8,1	660	-	жоқ

Ұзынбұлақ бұл. оң жақ баурайынан ары қарай №№ 807, 187, 709, 190 штольнялар бағытталған (11-кесте).

11-Кесте

Ұзынбұлақ бұл. оң жақ баурайы штольняларының сипаттамасы

Штольня №	Сынақ жүргізілген күн	Жарылыс қуаты, кт	Порталалды алаңдағы максималды тиесілі белсенділік, Бк/кг				Су шығу
			^{137}Cs	^{90}Sr	$^{239+240}$Pu	^{241}Am	
807	22.03.71.	0,001-20	160	4,3	130	-	жоқ
187	30.06.81.	0,001-20 (x2)	98	41	600	-	жоқ
709	16.05.69. 16.12.74.	0,001-20 0,001-20	160	46	680	-	жоқ
190	15.04.84.	20-150 0,001-20	180	67	1,6*10^{3}	-	жоқ

Соңғы төртінші сол жақ су ағынының деңгейінде оң жағынан әлсіз көрінген құйылымда №№ 608, 104, 193, 101, 710 штольнялар орналасқан. Ары қарай оң жағалау бойынша №№ 208, 201, 204, 205 штольнялар орналасқан. № 104 штольняның тұрақты су ағыны бар, оның порталы өзен арнасынан 1300 м орналасқан. Радионуклидтердің су ағынымен жылдық шығу ^{137}Cs бойынша 60 кБк/мин. аса, ^{90}Sr бойынша – 118 кБк/мин. аса құрады. Жылдық орташа мөлшер 742 л/мин. құрады.

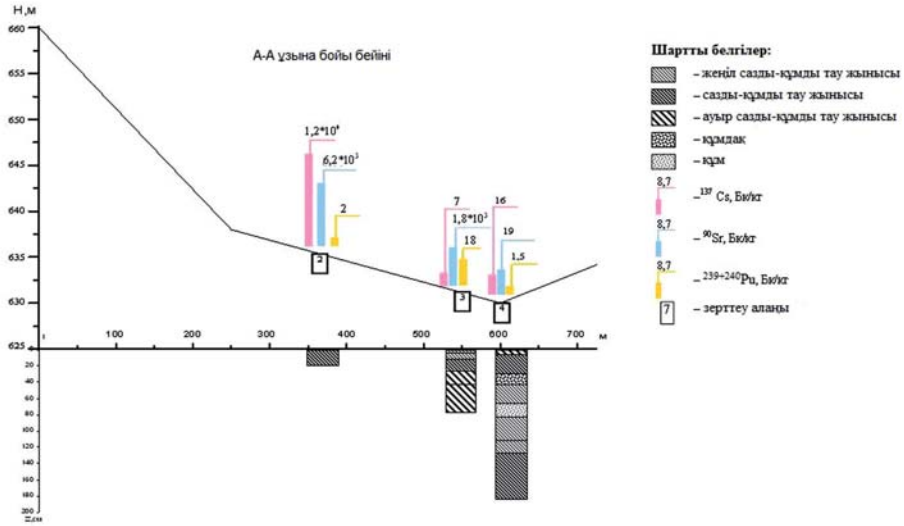
Ұзынбұлақ бұлағы алқабы шабындық топырақтарының радионуклидті ластану сипаты. Деректер көрсеткендей, ^{137}Cs және ^{90}Sr радионуклидтерінің Ұзынбұлақ бұл. алқабы көлденең бейін топырағындағы құрамы оның бастауының орнына тәуелсіз бедердің төмендеуімен, яғни бұл жағдайда солтүстік арна бағыты бойынша азаяды. Сондықтан, мысалы, осы радионуклидтердің мәндері мына қатарды құрады: 12,2 кБк/кг және 6,2 кБк/кг; 65 Бк/кг және 1,8 кБк/кг; 15 Бк/кг және 20 Бк/кг (А-А бейіні). Бұдан шығатыны, радионуклидтердің радиоактивті ластану көзі болып

табылатын штольня порталдарынан ауысуы жербеткі және ішкі топырақ ағынының шаюы әсерінен жүзеге асады.

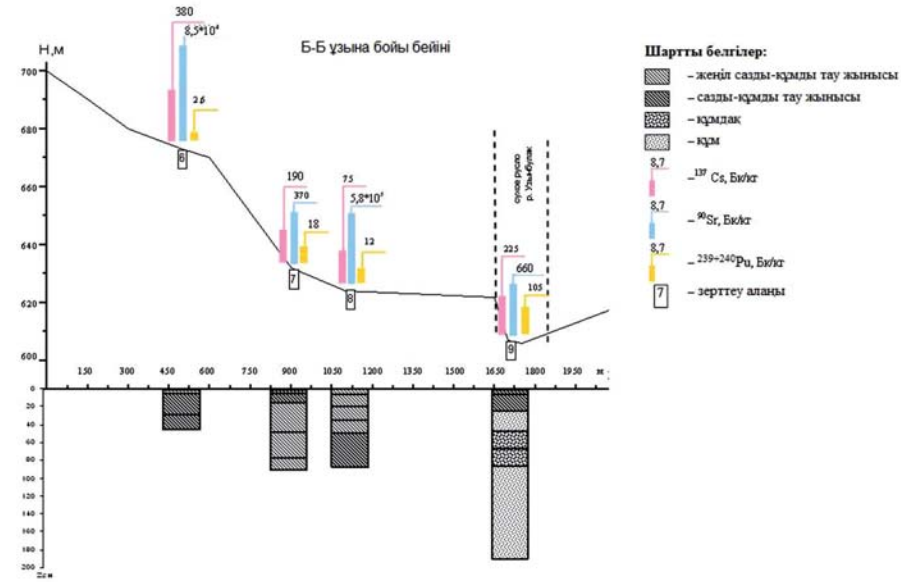
Ұзынбұлақ бұлағы алқабындағы зерттеу алаңдарының қимасында іріктеп алынған топырақ үлгілеріндегі радионуклидтер мәні деректерінің талдамасы олардың таралуының түрлі көрінісін көрсетеді. А-А бейінінің шабындық топырақтарының жербеткі көкжиегіндегі ^{137}Cs мәні (2,3,4 алаңдар) үлкен емес, 66 Бк/кг шегінде (18-Сурет). Тек 2 алаңның 0–20 см қабатында ^{137}Cs саны 1,2*10^4 Бк/кг жетеді. Бірақ бұл деректі топырақ қимасы порталалды алаңда салынғанын және үлгісі радиациялық-ластанған техногенді топырақ арқылы берілгенін түсіндіруге болады. Бірақ аз мөлшерде порталалды алаңдардан ағын бойынша төмен қарай ^{137}Cs ары қарайғы ауысуы жербеткі суларда да, радионуклидтердің жылыстауына себепші болатын топырақ-құмтопырақ суларда да табылмайды. № 705 штольня порталалды алаңындағы 0–20 см қабаттағы ^{90}Sr құрамы 6,2*10^3 Бк/кг жетеді (2-қима). Бірақ ағын бойынша төмен 0-4 см жербеткі көкжиекте 3 топырақтағы ^{90}Sr саны 1,8*10^3 Бк/кг тең, яғни ^{90}Sr жылыстауы ^{137}Cs қарағанда аса қарқынды өтеді. 2 және 3-қимаға қарағанда гипсометриялық түрде төмен орналасқан 4-қимада радионуклидтердің тиесілі белсенділігі алғашқы екі ондық бірлік Бк/кг аспайды. Барлық бейін бойынша $^{239+240}$Pu құрамы табу деңгейінде қалады және көрінетіндей өзгерістер байқалмайды.

Б-Б бейінінде (6, 7, 8, 9 алаңдар) 0-5 см жербеткі көкжиектегі ^{137}Cs құрамы 380 Бк/кг жетеді, және байқалғандай, максимум мәндер сияқты Ұзынбұлақ бұлағы негізгі арнасындағы 380, 190, 75 және қайтадан 225 Бк/кг қатарын құра отырып, 6 алаңнан алыстаған сайын азаяды (бейінде бірінші) (19-Сурет). 9-қима топырағындағы ^{137}Cs тиесілі белсенділігінің ұлғаюын алқаптың жоғарғы бөлігінен өзен арнасы бойынша техногенді радионуклидтердің шығарылуымен түсіндіруге болады.

6 алаң топырағындағы ^{90}Sr құрамы 8,5*10^4 Бк/кг жетеді. Ары қарай көлденең көкжиек бейіні бойынша ^{90}Sr саны азаяды, бірақ үзіліссіз азаятын қатар құру мүмкін емес. Бәлкім, бұл радионуклидтердің қозғалмалығы мен ерігіштігіне басқа да себептердің әсер етуі мүмкін. Бірақ тіпті Ұзынбұлақ бұлағының басты арнасындағы, яғни салынған бейін соңындағы ^{90}Sr тиесілі белсенділігі, көбірек болып қалатынын (9 қима, көкжиек 0-6 см, ^{90}Sr құрамы – 660 Бк/кг) атап өту қажет. Төменде жатқан көкжиекпен төмен қарай ^{90}Sr мәндері құлайды, бірақ 40-50 см тереңдікке дейін ^{137}Cs мәндеріне қарағанда көбірек болып қалады. Мысалы, №806 штольня порталынан 130 м-де орналасқан 6 қимада барлық көкжиектерде ^{90}Sr радионуклидінің үлкен құрамы байқалады, ал 45 см тереңдікте бұл мөлшер 3,3*10^4 Бк/кг жетеді. Кейде бұл радионуклидтің максималды тиесілі белсенділігі жер бетінен екінші көкжиекте байқалады, бұл, бәлкім, сондай-ақ оның ерігіштігіне және қозғалмалығына байланысты (26-сурет). Бұл бейіннің барлық топырақ қималарындағы $^{239+240}$Pu құрамы екі ондық бірлік шегінде қалады және мәндер өзгеруінің анық көрінген үрдісі анықталған жоқ.

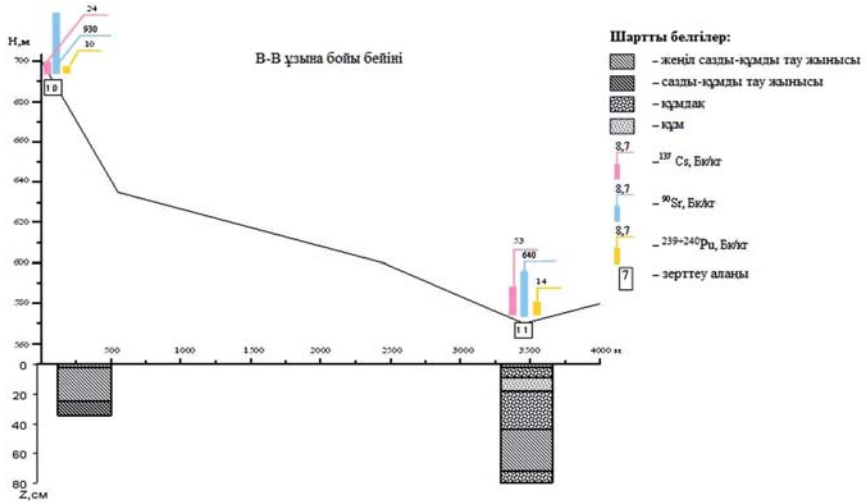


18-Сурет. А-А сызығы бойынша бейін топырақтарындағы техногенді радионуклидтердің таралуы



19-Сурет. Б-Б сызығы бойынша бейін топырақтарындағы техногенді радионуклидтердің таралуы

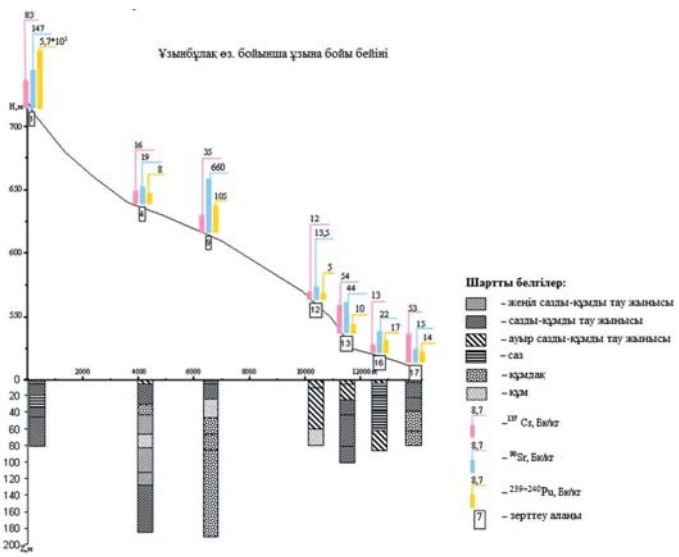
В-В көлденең бейіннің топырақ үлгілеріндегі ^{137}Cs техногенді радионуклидінің құрамы аздаған мөлшермен ерекшеленді (20-сурет). 11 топырақ қимасының 0–3 см жербеткі қабатындағы мәндер максимумы 53 Бк/кг жетеді.



20-Сурет. С-С сызығы бойынша бейін топырақтарындағы техногенді радионуклидтердің таралуы

^{90}Sr құрамы аса жоғары мәндерге жетеді. Суретте (20-сурет) көрсетілгендей, сайдың ұзына бойындағы шабындық қатары топырағының жербеткі көкжиегіндегі бұл радионуклидтің құрамы 930 Бк/кг-нан (10-қима) 640 Бк/кг дейін азаяды.

Ұзынбұлақ бұлағы бастауынан соңғы ағын облысына дейін көлденең бейін құрайтын топырақ қималарындағы техногенді радионуклидтер таралуының талдамасы олардың ағыс бойынша төмен ауысуының анық жоқ екендігін көрсетеді (21-сурет).



21-Сурет. Ұзынбұлақ бұлағы арнасы бойынша бейін топырақтарындағы техногенді радионуклидтердің таралуы

Барлық топырақ көкжиектеріндегі ^{137}Cs құрамы топырақтың жербеткі көкжиегіндегі максимум мәндермен бірге Бк/кг біраз ондаған бірлігінен аспайды (1-қима, 0-5 см қабатта 83 Бк/кг дейін). Топырақтардағы ^{90}Sr құрамы ^{137}Cs тиесілі белсендігінің мөлшеріне қарағанда біршама жоғары, әсіресе алқаптың жоғарғы бөлігінде (1 қиманың 0–5 см қабатында – $5,7*10^3$ Бк/кг). Ұзына бойы бейіні бойынша ары қарай топырақ көкжиегіндегі бұл радионуклидтің құрамы, негізінен, бірінші ондық шегінде қалады. Брақ жербеткі көкжиекке орайластырылған максимум мәндер ылғи да байқалмайды. Бәлкім, ^{90}Sr көбірек ерігіштігі мен топырақтардың жеткілікті ылғалдылығы бұл радионуклидтің төмен жатқан көкжиектерге де, жербеткі сулардың ағыны бойынша ауысуына әкеледі.

3.1.2.2. Тоқтакүшік бұлағы алқабындағы шабындық топырақтарының радионуклидті ластану сипаты

Тоқтакүшік бұлағы алқабының жалпы сипаттамасы. Тоқтакүшік бұлағы Дегелең төмен етекті массивінің оңтүстік бөлігінде орналасқан. Оның су жинайтын бассейні шамамен 6 км^2, алқаптың ұзындығы 10–12 км. Су жинайтын бассейндегі максималды абсолют белгілері 1070 м-ге жетеді, алқап үстінің абсолют белгілері бастауында 710 м-ден таулы массивтен шығарында 610 м дейін өзгереді. Алқаптың жоғарғы бөлігіндегі бетінің еңістері 7–10º жетеді. Алқаптың ені 2 м-ден 70 м дейін өзгереді, ағындары жоқ. Өзенге №№ 610, 809, 8, 11, 169, 170, 165, 169/2 штольнялар орайластырылған. Олардың ішіндегі № 165 штольняның тұрақты су ағыны бар, ал № 11 штольнянікі - уақытша. Штольнялардың сипаттамалары кестеде ұсынылған (12-кесте).

12-Кесте

Тоқтакүшік бұлағы алқабындағы штольнялардың сипаттамасы

Штольня №	Сынақ жүргізілген күн	Жарылыс қуаты, кт	Порталалды алаңдағы максималды тиесілі белсенділік, Бк/кг (суда, Бк/кг)				Су шығу, мөлшер
			^{137}Cs	^{90}Sr	$^{239+240}Pu$	^{241}Am	
8	06.09.70	0,001-20	$3,7*10^3$	$5*10^3$	400	-	жоқ
11	20.03.66 28.05.67	100	$6*10^5$ (26)	$9,9*10^4$	120	-	уақытша
165	08.06.75	0,001-20	$2*10^6$ (495)	$1,3*10^5$ ($1,5*10^3$)	79 (0,88)	1200 (<0,8)	тұрақты, 79 л/мин
169			170	10	110	-	жоқ
169/2-1	04.10.89	0,001-20	125	5	4	-	жоқ
170			19	7,8	130	79	жоқ
610	27.03.70	0,001-20	100	7	380	-	жоқ
809	30.12.71	0,001-20	$1,1*10^3$	11	370	-	жоқ

Кесте деректерінің талдамасынан (12-кесте) максималды ластанудың №№ 165 және 11 су шыққан штольнялардың порталалды алаңдарында байқалатынын көруге болады. Қар еріген және жаңбыр кезінде бұл штольнялардағы су ағындарының араласуы мен өзен арнасына радионкулидтердің шығарылуы болады. № 165 штольнядан жылдық шығарынды кестеде көрсетілген (13-кесте).

13-Кесте

№165 штольнядан алынған су сынамаларындағы радионуклидтердің жылдық орташа шоғырлануы және осы штольнядан жылдық шығарынды

Жылдық орташа шоғырлану және жылдық шығарынды	2001 ж.			2002 ж.			2003 ж.			2004 ж.			2005 ж.		
	^{137}Cs	^{90}Sr	^{3}H	^{137}Cs	^{90}Sr	^{3}H	^{137}Cs	^{90}Sr	^{3}H	^{137}Cs	^{90}Sr	^{3}H	^{137}Cs	^{90}Sr	^{3}H
Радионуклидтердің тиесілі белсенділігі, Бк/кг, ^{3}H үшін – кБк/кг	270	1200	290	270	1160	240	300	870	230	300	780	230	421	257	207
Жылдық шығарынды, Ки/жыл	0,2	1	247	0,08	0,03	62	0,04	0,2	42	0,03	0,07	20	0,3	1,9	179

№№ 8 және 809 штольнялардың порталалды алаңдарындағы жоғары радиоактивті аясы бар дақтардың болуы су шықпайтын штольнялардан радионуклидтердің тасқын су және жаңбыр суларымен өзен арнасына шығарылуын болжауға мүмкіндік береді, және, сол сияқты, алқаптың ластануына жанама әсер етеді.

Тоқтакүшік бұлағы алқабы шабындық топырақтарының радиоактивті ластану сипаты. Су ағыны жоқ штольнялардың порталалды алаңдарындағы радиациялық ластануы (12-кесте) ядролық сынақтар мен штольняларды консервациялау бойынша реабилитациялық шаралар кезінде ғана пайда болмай, сондай-ақ тау жыныстарының сызаттары бойымен күндізгі жер бетіне штольня қуыстарынан олардың сумен толған уақытындағы радионуклидтердің шығарындысының салдарынан болуы мүмкін. Барлық ластанған жерлерден радиоактивті заттектердің шайылуы болатын қар еріген және нөсер жаңбыр жауған кезіндегі баурай ағынының ойнайтын рөлі аз емес. Бұл алқапта орналасқан барлық штольнялардың өзеннің ластануына тікелей, сол сияқты жанама әсер ететінін көрсетеді.

Радионуклидтердің жылыстау процесін зерттеу үшін өзен алқабындағы оның құрғақ арнасы бойымен 5 зерттеу алаңдарынан (қималардан) тұратын ұзына бойымен бейін алынды (18, 19, 20, 21, 22). Алаңдарды таңдау кезінде табиғи жасалған борпылдақ шөгінділердің, өсімдіктердің қуатты қабатының болуы, сондай-ақ өзеннің соңғы ағынын қоса отырып, барлық ұзындығы бойымен жылыстау процесін сипаттау қажеттілігі басшылыққа алынды (22-сурет). Өзен алқабының зерттеліп жатқан топырақтары шабындық қатарына жатады.

Бірінші алаң (18-қима) № 165 штольня порталынан 50 м-де, су ағынынан 1 м-де басталады. Ол диаметрі 2–3 м шұңқырда орналасқан. Ағын ені 2 м дейін, алқапта – 10 м дейін, беті төмпешік, өсімдіктер қалың өскен. Алаң ұсақ топырағы (толтыру үшін әкелінген техногенді құмтопырақ аясында) және үлгі іріктеп алуға арналған өсімдігі бар штольняның порталына жақынырақ орналасқан ретінде таңдап алынды.

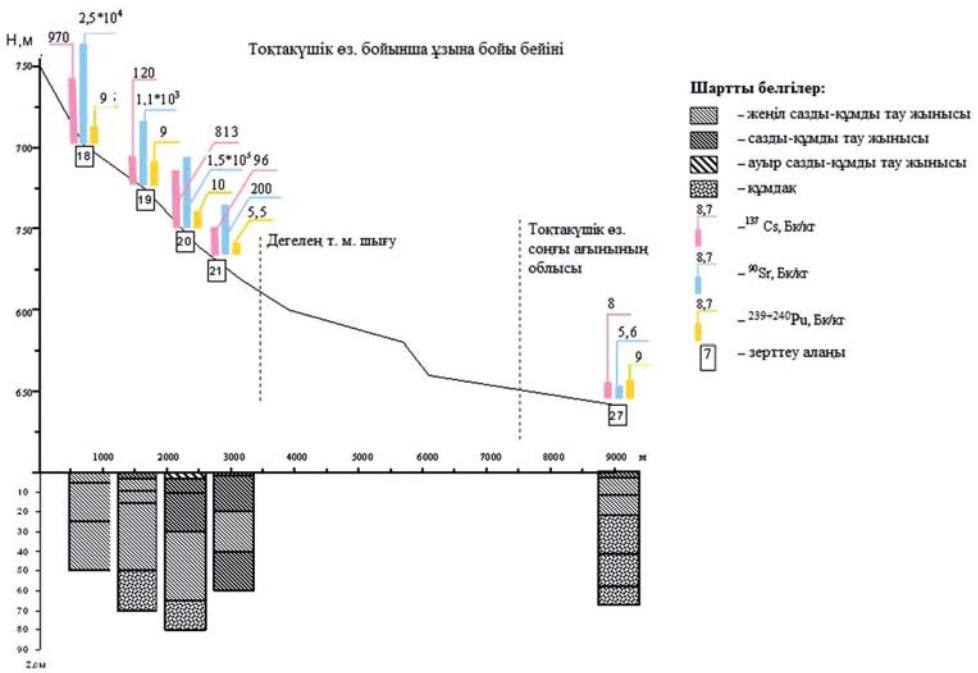
19-қима 18-қимадан 950 м-де (№ 165 штольнядан – 1000 м) ені 4-5 м арнаның тегістелген телімінде орналасқан, жармадағы алқаптың ені 15–20 м жетеді. Штольнядан ағатын су ағыны тау жыныстарының сызаттарына ағып кеткен және алаңның жармасында енді жоқ болды. Таңдау табиғи жасалған топырақтың бар болуына байланысты жасалды.

20-қима 19-қимадан 690 м-де (№ 165 штольнядан – 1690 м) құрғақ тегіс арнада (ені 4–5 м), ағынның кішігірім жақтау жырасы түскеннен кейін (алқаптың ені 40–50 м) орналасқан. Таңдау жақтау штольнясынан ағын жырасының бойымен радиоактивтіліктің қосымша түсуіне байланысты жасалды.

21-қима 20-қимадан 520 м-де (№ 165 штольнядан – 2210 м) алқаптың таулы массивтен шыққандағы бұрылыстан кейінгі тегістелген телімде орналасқан, бұл оның таңдауына себепші болды. Алқаптың ені 50–70 м-ге жетті.

22-қима 21-қимадан 7,5 км-де (№ 165 штольнядан – 9760 м) ағынның соңғы аймағында орналасқан, бұл таңдау критерийі болып табылады. Беті сумен енгізілген ұсақ қалдық материалы бар тегістелген аумақ ретінде берілген.

Тоқтакүшік бұлағының арнасы бойынша көлденең бейін топырағындағы ^{137}Cs құрамы кең шектерде, бейіннің төменгі бөлігінде біршама жүздеген Бк/кг-нан біраз бірлікке дейін өзгереді (22-сурет). Өзеннің жоғарғы бастауында орналасқан 18-қима жербеткі көкжиектегі ^{90}Sr құрамы $2,5*10^4$ Бк/кг жетеді. Ары қарай өзен бойымен төмен қарай оның тиесілі белсенділігі ақырындап төмендейді. Тоқтакүшік өзен алқабы топырағындағы $^{239+240}Pu$ құрамы ондаған бірлік Бк/кг шегінде құбылады.



22-Сурет. Тоқтакүшік бұлағы ұзына бойы бейін топырағындағы техногенді радионуклидтердің таралуы

№ 165 штольнядан шығарындының жылдар бойынша алынған деректерін салыстырудан шыққанынан көретініміз (13-кесте), су ағынындағы радионуклидтердің тиесілі белсенділігі азайды, бірақ шығарылатын ^{137}Cs және ^{90}Sr арақатынасы сол шекте қалады, яғни ^{90}Sr, ^{137}Cs қарағанда 3–6 рет көп шығарылады. Бірақ топырақтағы

^{90}Sr тиесілі белсенділігі ^{137}Cs қарағанда 100–130 рет көп, сол сияқты бейін басынан алыстаған сайын, яғни, радионуклидтердің тиесілі белсенділігі мәндерінің азаюымен арақатынас мөлшері күрт азаяды.

Дегелең таулы массивінен шығар аймақта (21-қима) ^{137}Cs (100 Бк/кг) және ^{90}Sr (200 Бк/кг) жербеткі көкжиектегі тиесілі белсенділігі ауқымды түсулер аясынан асады. Өзеннің соңғы құйылым облысындағы олардың тиесілі белсенділігі ауқымды түсулер аясы деңгейінде болады (5–20 Бк/кг, 27-қима). Таулы массивтен тыс жерлерге радионуклидтердің шығарылуы мүмкін, бірақ болмашы қашықтыққа ғана.

3.1.2.3. Байтілес бұлағы алқабы шабындық топырағының радионуклидті ластану сипаттамасы

Байтілес бұлағы алқабының жалпы сипаттамасы. Байтілес бұл. алқабы Дегелең сынақ алаңының оңтүстік бөлігінде орналасқан. Оның ағыны екі негізгі құйылымды қалыптастырады. Үшінші, сол жақ құйылым таулы массивтен тыс жердің өзінде негізгі арнаға құяды. Осы ағынның әлсіз жасалған арнасы су ағынының болмашы ғана шығыны туралы білдіреді. Өзен алқабының ұзындығы 15 км аса, арна ені 2–3 -ден 30 м дейін, алқаптың – 10-нан 500 м дейін. Алқап еңісі 5º жетеді.

23 штольняның порталалды алаңдары алқаптың радиоактивті ластану көздері болып табылады. Штольнялардың сипаттамалары кестеде берілген (14-кесте).

14-Кесте

Байтілес бұлағы штольняларының сипаттамасы

Штольня №	Сынақ жүргізілген күн	Жарылыс қуаты, кт	Порталалды алаңдағы максималды тиесілі белсенділік, Бк/кг (суда, Бк/кг)				Су шығу, дебит
			^{137}Cs	^{90}Sr	$^{239+240}$Pu	^{241}Am	
13	19.10.66. 02.09.67.	20-150	1,3*10^3	120	835	63	жоқ
14	03.12.66. 23.08.82.	0.001-20	2,5*10^3	40	52	<1	жоқ
176	16.05.74. 24.06.83.	0,001-20	1,7*10^6 (110)	5,3*10^4 (490)	700 (0,05)	- (<1,1)	тұрақты, 890 л/мин
175	30.07.77	0,001-20	3,6*10^3	800	40	4	жоқ
810	07.01.68.	0,001-20	3,9*10^5	74	2,1*10^3	-	жоқ
207			1,1*10^3	190	23	-	жоқ
609	30.12.71. 10.04.76.	20-150	6,5*10^6 (360)	1,8*10^4 (730)	730 (0,9)	- (<0,8)	тұрақты, 409 л/мин
17	05.08.66.	0.001-20	280	210	300	-	жоқ
180	29.11.83.	0.001-20	400	690	470	490	жоқ
18	04.08.67. 27.11.77.	0,001-20	3,3*10^4	6,8*10^4	480	120	жоқ
184	14.08.81.	0.001-20	2,4*10^4	9.2	580	42	тұрақты
19	25.03.67. 04.04.69.	0.001-20	9*10^5	9*10^3	410	19	жоқ
210			3,1*10^4	36	820	18	жоқ

Штольня №	Сынақ жүргізілген күн	Жарылыс қуаты, кт	Порталалды алаңдағы максималды тиесілі белсенділік, Бк/кг (суда, Бк/кг)				Су шығу, дебит
			^{137}Cs	^{90}Sr	$^{239+240}$Pu	^{241}Am	
185	23.07.76. 24.05.78. 02.06.78.	0,001-20	660	8,2	660	-	жоқ
191	28.03.1972	0,001-20	280	7,1	650	10	жоқ
509	05.09.1968	0,001-20	100	310	$1,7*10^3$	-	жоқ
105	29.11.1971	0,001-20	520	28	360	-	жоқ
21	26.02.1967	20-150	$3,2*10^4$	$6,3*10^3$	101	-	жоқ
508	18.12.1968	0,001-20	46	4,6	$2,7*10^3$	-	жоқ
430			53	4,1	4	-	тұрақты
К-85			14	9	150	-	жоқ
216	29.11.1983	0,001-20	96	26	310	9	жоқ
200МА, бис	18.10.1984	0,001-20	30	3	56	-	жоқ

Алқаптың шабындық топырағының ластануына тік әсер №№ 176, 609, 184, 430 төрт штольняның тұрақты су шығуы бар (2 қалды). Штольнялардан шыққан су ағындарымен алқапқа үнемі радиоактивті заттектер түседі және радионуклидтердің топырақтағы жалпы құрамына олардың қосар үлесі өте көп. Жекелеген жылдары ^{137}Cs және ^{90}Sr судағы жылдық орташа тиесілі белсенділігі 300 Бк/кг жетеді (15-кесте), бұл РҚН-99 сәйкес ^{137}Cs үшін 11 Бк/кг, ^{90}Sr үшін 5 Бк/кг құрайтын [25] араласу деңгейінен (АД) ондаған есе асады.

15-Кесте

№ 609 штольнядан алынған су сынамаларындағы радионуклидтердің жылдық орташа шоғырлануы және осы штольнядан жылдық шығарынды

штольня №		2001 ж.			2002 ж.			2003 ж.			2004 ж.		
		^{137}Cs	^{90}Sr	^{3}H	^{137}Cs	^{90}Sr	^{3}H	^{137}Cs	^{90}Sr	^{3}H	^{137}Cs	^{90}Sr	^{3}H
609	Радионуклидтердің тиесілі белсенділігі, Бк/кг, ^{3}Н үшін - кБк/кг	160	230	20	190	290	20	260	200	20	300	160	20
	Жылдық шығарынды, Ки/жыл	0,7	0,8	44	0,3	0,3	20	0,2	0,2	17	0,3	0,1	59

Кестеде берілгендей (15-Кесте), №609 штольня суларымен ^{137}Cs және ^{90}Sr жылдық шығарындысы бақылау жылдарында құбылып тұрды, бірақ мәндер өзара жақын болып қала берді (0,7–0,8; 0,3–0,3; 0,2–0,2; 0,3–0,1 Ки/жыл).

Су шықпайтын №№ 810, 18, 13, 14, 175, 210, 19, 207 штольнялар, сондай-ақ, радионуклидтердің қар еру және нөсер жаңбыр кезеңінде тау баурайынан шаю болған кезде өзенге кезең-кезең түсуіне де әсер етуі мүмкін. Радиоактивті ластану бойынша алынған деректер талдамасы осы штольнялардың әрқайсысының порталалды алаңында тіркелген максималды тиесілі белсенділікті анықтады (14-кесте). ^{137}Cs тиесілі

белсенділігінің аса көп мәндері №№ 810 ($4*10^5$ Бк/кг), 609 ($3*10^5$), 18 ($5*10^4$ Бк/кг), 176 ($4*10^4$ Бк/кг), 210 ($3,2*10^4$ Бк/кг) штольнялардың порталалды алаңдарында байқалады. Өзен бастауындағы штольнялардың порталалды алаңдарына жақын топырақ пен техногенді топырақтарды радиоактивті ластану дәрежесі бойынша радиоактивті қалдықтарға жатқызуға болады, өйткені ^{137}Cs тиесілі белсенділігі рауалы белсенділік мөлшерінен 250–300 рет асады (СПОРО-97).

Байтілес бұлағы алқабы топырағы радионуклидті ластануының сипаттамасы. Байтілес бұлағы алқабының шабындық топырақтарындағы техногенді радионуклидтердің жиналуын зерттеу үшін № 609 штольнядан соңғы ағын облысына құрғақ арна бойынша ұзына бойымен бейін салынды. Бейін 22, 23, 24, 25, 26 және 28 зерттеу алаңдарынан (қималардан) тұрды (23-сурет).

Алаңдарды және олардың арасындағы қашықтықты таңдау кезінде 1 км аз емес аралық, табиғи құрылымды топырақ және өсімдік жамылғысының болуы басшылыққа алынды.

22-қима № 609 штольня порталынан 20 м-де орналасқан. Жербеткі диаметрі 2–3 м әлсіз көрінетін шұңқыр тәріздес. Арна ені 2–4 м. Телім су ағыны бар штольня порталына жақынырақ орналасқан және топырақ жамылғысы бар телім ретінде таңдап алынған.

23-қима 22-қимадан 1,2 км-де, ені 4-5 м құрғақ арнада орналасқан. Телімнің беті тегіс. Таңдау сынамалар алу үшін топырақ пен өсімдіктің болуына байланысты болды. Топырақ қимасынан 3 метр жерде радионуклидтердің құрамына сынамалар іріктеп алынған штольнядан су ағыны орналасқан. Топырақ қимасында топырақ суларының бекітілген деңгейі кезінде салыстыру үшін сондай-ақ су сынамасы іріктеп алынды.

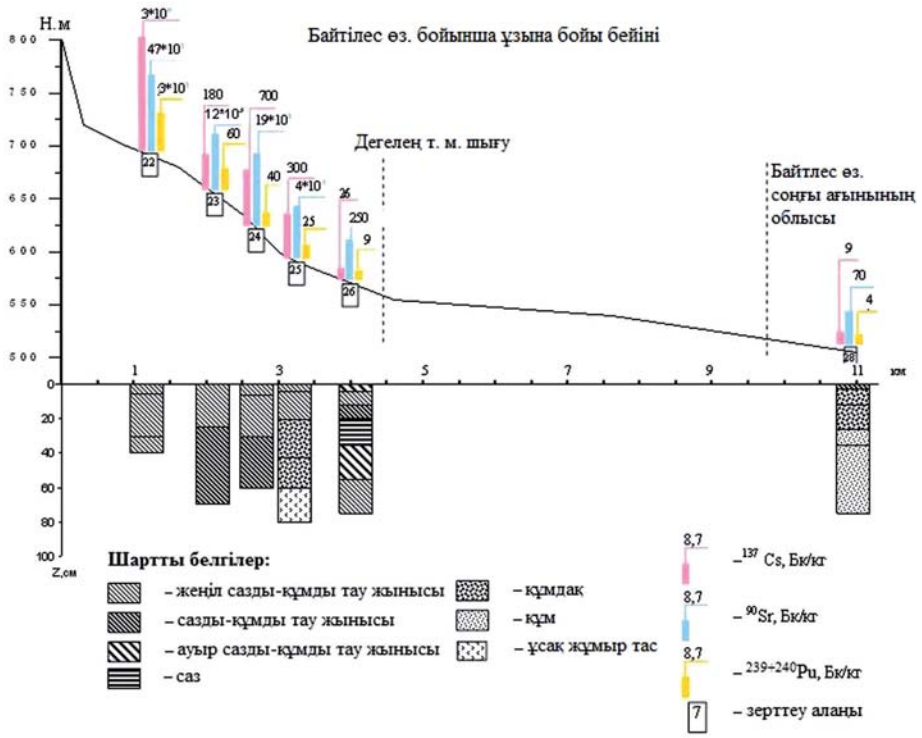
24-қима 23-қимадан 1,1 км қашықтықта, ені 5–7 м құрғақ арнада орналасқан. Телімнің беті тегіс. №№ 175, 210,19, 184 штольнялардан радиоактивті заттектердің қосымша түсуінің болжамы бар арнаға құйылымның уақытша жырасының түсуінен соң алаң таңдап алынды. № 609 штольнядан шыққан су ағыны арнада болған да жоқ.

25-қима 24-қимадан екі саланың қиылысу орнында, өзеннің орташа ағынында 1,3 км қашықтықта орналасқан, бұл алаңның салынуының негізгі критерийінің рөлін атқарды. Беті тегістелген, арна ені 5–7 м. Су ағыны болған жоқ.

26-қима 25-қимадан 1 км қашықтықта, өзеннің таулы массивтен шығу аймағында, ені 10–15 м арнада орналасқан. Беті төмпешікті. Табиғи құрылымды топырақтың, өсімдіктің болуы және шығу аймағында орналасуы аталған алаңның салынуын алдын ала анықтады.

28-қима 26-қимадан 7,3 км-де, Байтілес бұлағының соңғы құйылымы аймағында, таулы массивтен 6–7 км-де орналасқан. Төңірек оңтүстік-батысқа бағытталған құрғақ сайлары бар еңіс жазықтық тәріздес. Топырақ қимасы ені 5 м дейін сайдың құрғақ арнасында салынған.

Байтілес бұлағы алқабындағы ұзына бойы бейіннің топырақ көкжиегіндегі ^{137}Cs және ^{90}Sr құрамы бастауларда өте көп мөлшерге жетеді. Мысалы, екі 0–5 см және 5–30 см жербеткі қабатта (22-қима) ^{137}Cs және ^{90}Sr құрамы 3000-нан аса және, тиісінше, 46 кБк/кг. Бейін бойымен ары қарай төмен ^{137}Cs құрамы бейіннің соңғы қимасында біршама бірлік Бк/кг жете отырып, күрт азаяды (23-сурет). Сонымен, радионуклидтердің Байтілес бұлағы арнасында бейін бойынша қалпының талдамасы көрсеткендей, олардың құрамының күрт төмендеуі жүреді.



23-Сурет. Техногенді радионуклидтердің Байтілес бұлағы ұзына бойы топырағындағы таралуы

Радионуклидтер тиесілі белсенділігінің бейін бойынша төмендеуі топырақтың сіңіру процесіне байланысты. ^{137}Cs және ^{90}Sr радионуклидтерінің максималды құрамы жоғарғы көкжиекке (шымдыға және қарашіріктіге) орайластырылғанын есепке ала отырып, олардың сіңіруіндегі басты рөл қарашіріктікі екенін болжауға болады. Бастаудан сағаға дейінгі бейін бойынша жербеткі көкжиектердегі органикалық заттектердің құрамы 18,1-ден 8,7 % дейін құбылады. Тереңдеген сайын сонымен бірге оның мөлшері топырақ түзетін жыныста («С» көкжиегі) 0–5 см қабатта 15,3 %-дан 1,4 % дейін азаяды, сонымен қатар оның топырақ алмасу көлемі де 100 г топыраққа 54,4-ден 10,4 мг-экв дейін азаяды. Топырақтардың көрсетілген параметр мәндерінің азаюымен радионуклидтердің сіңіруі де азаяды [26].

Зерттеліп жатқан алаңдардың топырақтары барлық бейін бойынша, негізінен, бөлшектер саны <0,01 (физикалық саз) барлық бөлшектер санынан 30% шегінде орналасқан. Бұл ^{137}Cs және ^{90}Sr радионуклидтерінің топырақтың ұсақ дисперсті бөлшектерімен сіңірілуі мүмкін екенін айтады. Физикалық саздың жоғары құрамы бар топырақтар жеңіл топырақтарға қарағанда үлкен сіңірімдік көлемге ие [27]. Сонымен, егер өзен бастауында радионуклидтердің сіңірілу процесіндегі басты рөлді топырақтың органикалық заттегі ойнаса, онда алқаптың төменгі бөлігінде қарашірік құрамының азаюы кезінде олардың сіңіру процесіндегі негізгі мәннің мөлшері 40-50 %-ға жететін ұсақ дисперсті бөлшектері болуы мүмкін.

Бір 23-топырақ қимасынан топырақ және топырақ суларының талдамасын салыстыру кезінде алынған деректер туралы жанама айта отырып, радионуклидтердің топырақпен сіңірілу процесінің рөлі қаншалықты зор екендігін айтуға болады. Топырақтағы (қабаттар 0–25 және 25–75 см) ^{137}Cs құрамы – 20 және 1,9*10^{2} Бк/кг, ^{90}Sr – тиісінше, 1,2*10^{4} және 1,1*10^{4} Бк/кг, ал топырақ суындағы ^{137}Cs – 9,5, ^{90}Sr – 40 Бк/кг. Бұдан шығатыны, көктемде жалпы ағын астында арнада болған топырақтар радионуклидтер бөлігін сіңіреді, бұл олардың топырақ суларындағы азаюына әкеледі. Сол уақытта, жазда суы толық ағын болмағанда, арнада радиоактивті заттектердің бөлігін шығаратын топырақасты және құмды-топырақты сулардың ағындары сақталады. Сондықтан бір уақытта көп процестер жүретін табиғи жағдайлардағы радионуклидтердің топырақпен сіңірілуін сан бойынша бағалау мүмкін емес. Техногенді радионуклидтердің топырақпен сіңірілу аспектісін қарастыру гумидты климат жағдайларында жүргізілген тәжірибелерге – ВУРС, Чернобыль бойынша деректерге негізделген. Бұл қорытындыларды дәлелдеу үшін ССП жағдайында тәжірибелік және зертханалық зерттеулер жүргізу қажет.

Радионуклидтердің бейін бойынша таралуын талдай отырып (23-сурет), ^{137}Cs қалпының ^{90}Sr қарағанда өзгерістердің үдемелі кезінің аса анық байқалуы бар екендігін айтуға болады. Бейін басында оның аса үлкен мәніне қарамастан (3*10^{6} Бк/кг), соңында бұл мөлшер (15 Бк/кг), ^{90}Sr (2*10^{2} Бк/кг) тиесілі белсенділігіне қарағанда азырақ. ^{137}Cs мәнінің күрт төмендеуі бейіннің бірінші нүктесінен кейін байқалады (22-қима), мысалы одан 1 км 23-қимада ^{137}Cs тиесілі белсенділігі бастапқы мәннен 12 мың ретке азайса, бұл уақытта ^{90}Sr тиесілі белсенділігі – тек 4 ретке ғана. Ары қарай радионуклидтердің 24-қима топырағындағы белсенділігінің жоғарылауы анық байқалады, бұл өзен алқабының екі жағында орналасқан штольнялардан радиоактивті материалдың қосымша түсуімен байланысты болуы мүмкін.

Жоғарыда айтылғандардан шығатыны, бейін басында (22-қима) топырақтағы ^{137}Cs құрамы ^{90}Sr мәнінен 50 рет асады. Ары қарай алқаптың барлық ұзындығында (23-қимадан) шабындық топырағындағы ^{90}Sr құрамы ^{137}Cs радионуклидінің тиесілі белсенділігінен көп есе асады. Алқап топырағындағы радионуклидтердің солай таралуын олардың қалпының ерекшеліктерімен түсіндіруге болады. Мысалы, ^{137}Cs өзен бастауында орналасқан штольня порталдарымен қатар сақталады, ^{90}Sr болса қозғалмалығы мен ерігіштігіне байланысты барлық алқапқа бытыраған. Аталған зерттеулер жүргізу кезіндегі алынған деректер бойынша, 23-топырақ қимасынан 3 м-де, яғни штольня порталынан 1 км-де орналасқан су ағынының суында ^{137}Cs және ^{90}Sr радионуклидтерінің тиесілі белсенділігі 2,5 және тиісінше, 205 Бк/кг құрады. Бұл № 609 штольнядан су ағыны шыққандағы тең мәндерге қарамастан, радионуклидтердің алқап бойынша таралуы туралы жоғарыда айтылғандарды дәлелдейді (15-кесте).

3.1.2.4. Қарабұлақ бұлағы алқабы шабындық топырақтарының радионуклидті ластану сипаты

Қарабұлақ бұлағы алқабының жалпы сипаттамасы. Қарабұлақ бұлағы екі құйылымнан тұрады. №№ 150, 151, 603, 703, 149 штольнялардың негізгі бөлігі Қарабұлақ бұлағының бассейніндегі оң құйылымда орналасқан. № 150 штольняның тұрақты су шығуы бар. Төмен қарай, оң құйылымда, № 148/5 штольня орналасқан. Бұлағың сол құйылымында № 152 штольня орналасқан.

16-Кесте

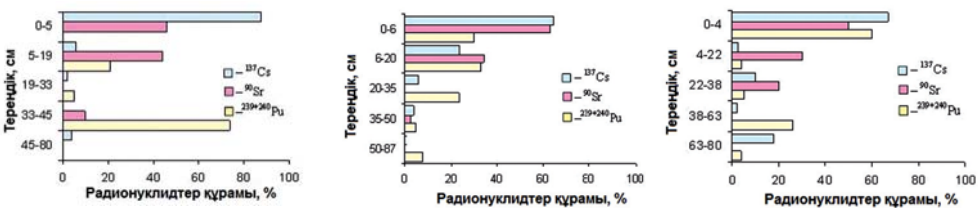
Қарабұлақ бұлағы штольняларының сипаттамасы

Штольня №	Сынақ жүргізілген күн	Жарылыс қуаты, кт	Порталалды алаңдағы максималды тиесілі белсенділік, Бк/кг				Су шығу
			^{137}Cs	^{90}Sr	$^{239+240}$Pu	^{241}Am	
150	19.02.1982	0,001-20	$8,4*10^3$	-	-	-	тұрақты
151			23	12	$2,5*10^3$	-	жоқ
603	30.01.1974	0,001-20	78	28	-	205	жоқ
703	29.06.1967	0,001-20	44	22	$2,7*10^3$		жоқ
149			82	-	-	70	жоқ
148/5	16.12.1974	3,8	$1,2*10^5$	250	850	910	жоқ
152	25.07.1985	0,001-20 (x2) 0,001-20 (x2)	710	860	360	-	жоқ

Қарабұлақ бұлағы алқабы шабындық топырақтары радионуклидті ластануының сипаты. Қарабұлақ бұлағы алқабы шабындық топырақтарындағы ^{137}Cs және ^{90}Sr максималды құрамы Дегелең төмен етекті массивінің басқа да алқаптары сияқты, өзеннің бастауына орайластырылған. ^{90}Sr радионуклидінің максималды шоғырлануы № 150 штольня маңайында байқалады және 64,5 кБк/кг жетеді. Техногенді радионуклидтер құрамының азаю үрдісі ұзына бойы бейін бойынша топырақта және тігінен төмен сақталады.

3.1.2.5. Дегелең таулы массиві бұлақтарыалқаптарының тігінен топырақ бейінінің радионуклидті ластануының сипаты

Ұзынбұлақ бұлағының әр түрлі бөліктерінде орналасқан топырақ қималарында тереңдік бойынша радионуклидтердің таралуының кейбір ерекшеліктері бар, сондықтан салыстыру үшін ^{137}Cs, ^{90}Sr және $^{239+240}$Pu радионуклидтерінің өзен бастауындағы құрамы берілген – 1-қима, орта бөлігінде – 8-қима, сағаларында – 17-қима (24-сурет).



а б в

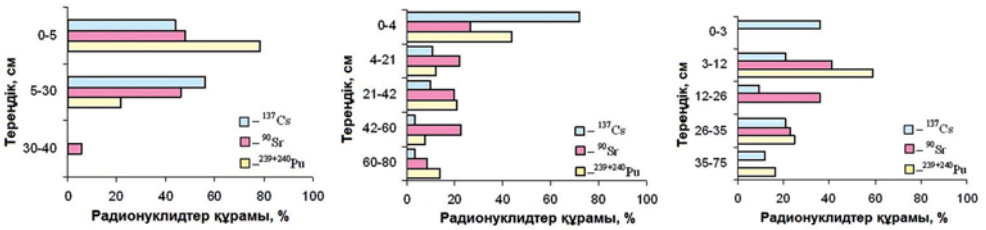
24-Сурет. Ұзынбұлақ бұлағы ұзына бойлы бейін топырақ көкжиегіндегі техногенді радионуклидтердің таралуы:
а) 1-қима – бастауы, б) 8-қима – орта бөлігі, в) 17-қима – сағалары

Суреттен көргеніміздей, ^{137}Cs және ^{90}Sr негізгі құрамы жербеткі көкжиекке орайластырылған болса, ^{90}Sr тереңдік бойынша таралуы созылған болып қала береді. Топырақтардың жербеткі көкжиектеріндегі қалдық материалдың көп мөлшерінің болуы себеп болуы мүмкін, бұл су сіңіргіштігін ұлғайтады, бұл кезде ^{90}Sr

радионуклидінің көп бөлігі төмен жатқан көкжиектерге ауысуы мүмкін. Бұл процесс, ең алдымен, алқаптың бастауларында орын алған (1-қима). Бірақ радионуклидтің ерігіштігі мен қозғалмалығы оның тереңге таралуының басты факторы болып табылады. Қималардың топырақ көкжиектеріндегі $^{239+240}$Pu құрамы екі ондық Бк/кг шектерінде құбылады.

Байтілес бұлағы арнасында ^{137}Cs көлденең жазықтықта су ағындарымен тасымалдануы байқалмайды. Олардың төменде жатқан топырақ көкжиектеріне төмен ауысуы әлсіз көрінеді. Топырақтың жоғарғы қабатындағы жоғарғы мәндер кезінде тиесілі белсенділіктің тереңге бірнеше рет күрт төмендеуі байқалады, мысалы, 22-қимада 30–40 см көкжиекте ^{137}Cs құрамы бірінші ондық Бк/кг шегінде орналасқан (25-сурет).

Ұзына бойы бейінде және топырақ көкжиектері бойынша көлденеңінен төмен қарай ^{90}Sr құрамы түседі, бірақ көптеген мөлшерде қалады. Мысалы, 60–80 см тереңдікте оның көлемі бетіндегі тиесілі белсенділігі кезінде $1{,}6*10^3$ Бк/кг шегінде байқалады (25-қима). Бейін қималарының топырақ көкжиектеріндегі $^{239+240}$Pu құрамы кең шектерде құбылады. Алқап топырақтарындағы максималды мәндер, басқа да радионуклидтердікі сияқты, өзен бастауларында байқалған. Өзеннің ағысымен төмен қарай мәндер біршама бірліктерге Бк/кг дейін азаяды.



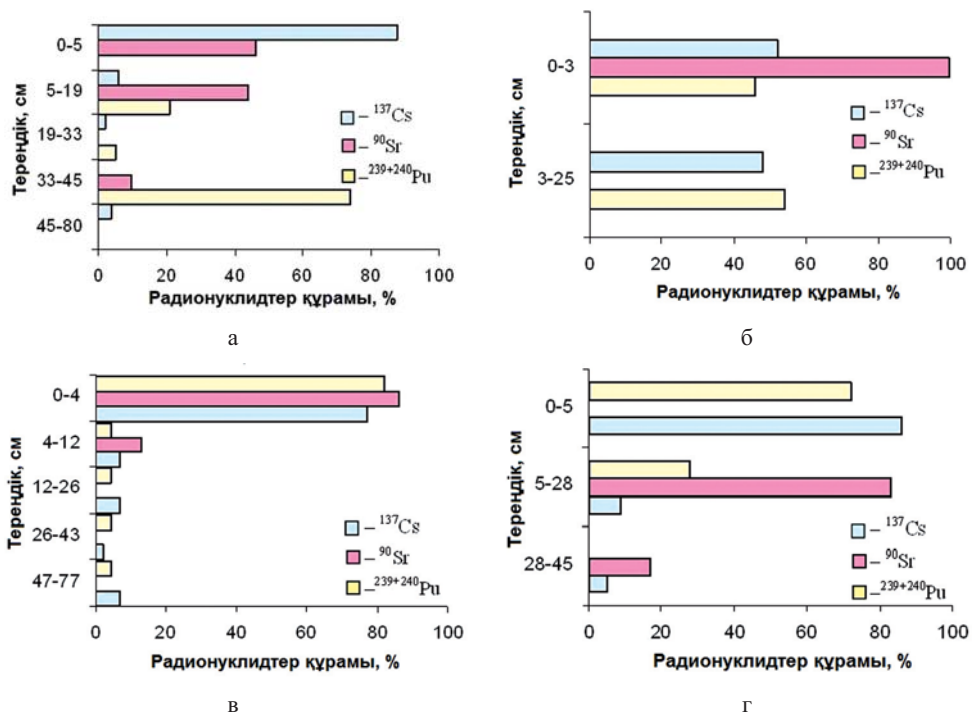
а б в

25-Сурет. Топырақ бейіндеріндегі техногенді радионуклидтердің таралуы: Байтілес бұлағының а) 22-қимасы, б) 25-қимасы және в) 28-қимасы

Өзен бассейнінің түрлі бөліктеріндегі топырақтың қалыптасу жағдайы әр түрлі, және, сол себепті, сипаттамаларда топырақтардың кейбір ерекшеліктері бар, бұл олардағы техногенді радионуклидтердің қалпына байланысты. Дегелең төмен етекті массиві бұлақтарыалқаптарының ылғалданудың өзіндік режімімен қалыптасқан шабындық топырақтарының топырақ бейінінің түсі қара-сұр, өзен бастауларында 19–20 %-ға дейін жоғары құрамда органикалық заттектер, 50-60 см дейін қуатты қарашірікті көкжиек бар екені анықталды, бұл әдеби деректерге сәйкес [28]. Әр өзеннің алқабындағы соңғы ағынның облысына қарай топырақтардың көптеген сипаттамалары өзгереді: қарашіріктің құрамы 4–4,5 % дейін азаяды, CO_2 карбонаттардың топырақтардағы құрамы 14 %-ға дейін (бастауларда карбонаттар болмаған) және сілтілік құйылымдар басында немесе негізгі арналардағы 6,5 мәндер кезінде 8,5 дейін ұлғаяды. Сонымен бірге сіңірілген негіздер сомасының 30-дан 15 % дейін төмендеуі жүреді, топырақ бейініндегі қалдық материалдар құрамы 5 % дейін, бұл кезде алқаптың бастауларында бұл мөлшер 0 %-ға жетеді. Бұл өзгерістермен бірге топырақтардың тұздылығы да өседі. Тау баурайы сызығында жербеткі көкжиектегі жеңіл ерігіш тұздар 0,7 %-ге жетеді және одан көп [24].

Топырақтың сипаттамасынан көретініміз, бастауларда техногенді радионуклидтердің сіңіргіштігінде үлкен рөлді құрамы үлкен қарашірік атқаруы мүмкін. Топырақты-сіңіргіш кешен жекелеген рөл атқаруы мүмкін, топырақ бөлшектерінің ұстап тұру қабілеті, байқағанымыздай, азырақ. Бірақ бастаулардан алыстаған сайын радионуклидтердің сіңіруі көп дәрежеде ішіндегі жіңішке-шаңды және лайлы фракциялар саны 2 есеге дейін өсетін топырақ бөлшектерімен жүзеге асуы мүмкін. Топырақтардың механикалық құрамының талдама деректері өзен бастауларындағы бөлшектердің 0,001 мм аз сомасы (физикалық балшық) 30 % шектерінде екенін және алқаптардың төменгі бөліктерінде 40–50 % дейін ұлғаятынын көрсетеді.

Өзен алқаптарындағы түрлі ландшафтты жағдайларда орналасқан топырақ қималарындағы техногенді радионуклидтердің таралу гистограммалары берілген. Суретте (26-сурет) Ұзынбұлақ бұлағының негізгі арнасы мен құйылымдарының (сайлар) бастауларындағы техногенді радионуклидтердің таралу гистограммалары келтірілген.

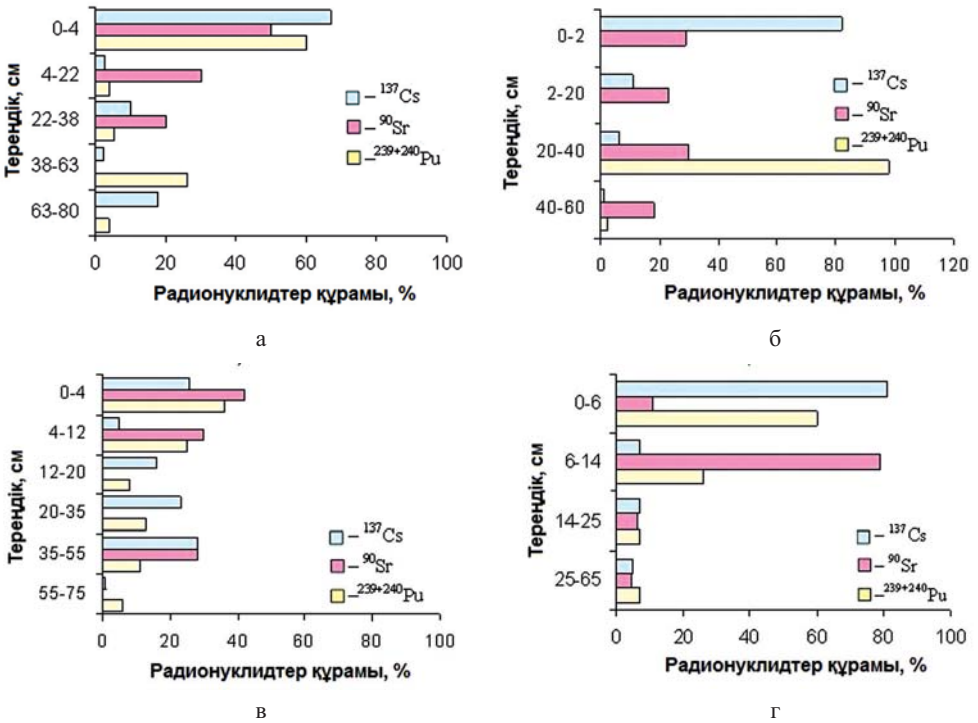


26-Сурет. Ұзынбұлақ бұлағының шабындық топырақтары сай бастауларындағы техногенді радионуклидтердің таралуы:
а) 1-қима, б) 10-қима, в) 3-қима, г) 6-қима

Порталалды алаңдарға орайластырылған шабындық топырақтарындағы радионуклидтердің таралуының гистограммаларында радионуклидтердің максималды мәндері, негізінен, жоғарғы көкжиектерге орайластырылғандығы көрінеді. ^{90}Sr радионуклидінің көп мөлшерде терең қабаттарға ауысуы байқалмайды, бұны қоршаған аумақ және жергілікті төсеніш жыныстарының еңісі бойында қарқынды шайылу бой-

ынша зерттеу алаңдарының аса жоғары гипсометриялық жағдайымен түсіндіруге болады.

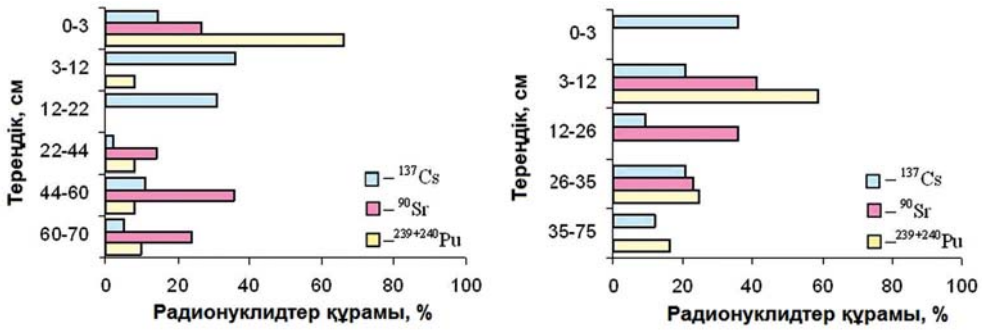
Суретте (27-сурет) негізгі өзендердің таулы массивтен шығу аймағында орналасқан топырақ қималарындағы радионуклидтердің таралу гистограммалары берілген.



27-Сурет. Техногенді радионуклидтердің өзендердің Дегелең төмен етекті таулы массивтен шығу аймағының шабындық топырағында таралуы: а) 17-қима (Ұзынбұлақ бұлағы), б) 21-қима (Тоқтакүшік бұлағы), в) 26-қима (Байтілес бұлағы), г) 29-қима (Қарабұлақ)

Бәрінен бұрын, Ұзынбұлақ сияқты көбірек жасалып қалыптасқан алқапта, массивтен шығардағы топырақ көкжиектеріндегі радионуклидтер құрамының жас алқаптарға қарағанда дұрысырақ сипаты бар екенін атап өту қажет. Мұнда жербеткі қабаттардағы максимум мәндер анық көрінген, бұл топырақтарға қайтадан түскен радионуклидтердің қайта таралу процесінің бастапқы фазасы туралы айта алады.

Өзендердің соңғы ағын аймағында орналасқан топырақ қималарындағы радионуклидтердің таралуы суретте берілген (28-сурет).



а б

28-Сурет. Өзендердің соңғы ағын аймағында орналасқан шабындық топырақтарындағы техногенді радионуклидтердің таралуы:
а) 27-қима (Тоқтакүшік бұлағы), б) 28-қима (Байтілес бұлағы)

Тоқтакүшік және Байтілес өзендерінің соңғы ағын аймақтары Дегелең таулы массивінен 7,0–7,5 км-де орналасқан. Топырақтар жеңіл механикалық құраммен ерекшеленеді, фракциялар арасында құмдауыттар басым. Құм көктемгі тасқын сулармен келген, өйткені жылдың басқа маусымдарында өзендерде ағын болмайды. Жеңіл еритін тұздардан шайылған топырақтарда карбонаттар аз мөлшерде, pH су ерітіндісі әлсіз сілтіліден сілтілі реакцияға дейін кездеседі. Гистограммалар талдамасы көрсеткендей, 27 және 28-қималардағы радионуклидтер таралуы тереңдеген сайынғы аздаған азаюы бар барлық топырақ бейіні бойынша жеткілікті тең өлшемді.

ҚОРЫТЫНДЫ

«Дегелең» алаңы аумағындағы көп жылғы түрлі жоспардағы, кешенді радиоэкологиялық зерттеулер негізінде техногенді радионуклидтермен көбірек ластануға ұшыраған өзен алқаптары табиғи экожүйелерінің радиоактивті ластану ерекшеліктері анықталды.

^{137}Cs, ^{90}Sr, ^{241}Am және $^{239+240}$Pu радионуклидтерінің жербеткі сулар-топырақ-топырақ асты сулары экожүйелерінде таралу заңдылықтары жалпы ағынның бастаулардан сағаға дейін бағытталуымен анықталады, бірақ бұл процестер алқаптарда жоғарғы бөлікте орналасқан тұрақты су шыққан штольнялардың болуы жағдайында анығырақ көрінеді. Штольнялардың ауыз қуысындағы сулармен енетін ^{137}Cs негізгі саны порталдарға жақын, қиыршық тас- ұсақ тас сүзгішінде қалады. ^{241}Am және $^{239+240}$Pu су ағынымен және топырақтың ішкі ағынымен порталдан біршама жүздеген метрге таралады, бұл әсіресе тығыз жыныстардың желдену қыртысында жатқан қуатты су толған құмтопырақ қабаты болған жағдайда байқалады. ^{241}Am және $^{239+240}$Pu арнаға көлденең, сол сияқты тереңге таралуы бойынша деректермен дәлелденген аса жоғары жылыстау қабілеті күтпеген жағдай болды. ^{90}Sr радионуклиді, аса ерігіш және қозғалмалы элемент ретінде барлық алқаптың борпылдақ шөгінділері шегінде жербеткі және топырақ суларымен таралуға қабілетті. Радионуклидтердің сумен күндізгі жер бетіне үнемі шығарылуына қарамастан, қоршаған орта құрауыштарындағы экстремалды-

жоғары шоғырлану байқалмайды. Радионуклидтердің судағы максималды тиесілі белсенділігінің радионуклидтердің штольня арнаалды топырақтарындағы тиесілі белсенділігіне қатынасы қазіргі уақытта ^{90}Sr үшін – 10^{-3}, ^{137}Cs – 10^{-5}, ^{241}Am – 10^{-4} және $^{239+240}Pu$ – 10^{-6} аспайды.

Радионуклидтердің алқап құмтопырақтарындағы жылыстауының жекелеген бағытталуына геоморфологиялық шарттардың өзіндік ерекшеліктері себеп болды, бірақ олардың ауысу ара қашықтығы штольня суындағы бастапқы құрамына, ағындардың еңісі мен шығынына байланысты. Радионуклидтердің таралуында осы элементтердің химиялық ерекшеліктері, яғни радионуклидтердің штольня суларында табылу формалары, сондай-ақ олардың топырақпен және құммен өзара әсер ету процестері көп рөл атқарады. Жербеткі сулар-топырақтар-топырақ сулары экожүйесі өте қозғалмалы және осы жүйеге түскен техногенді радионуклидтердің сіңіру, қайта сіңіру процестерімен оның тең салмақсыздығын толықтыратынын атап өту қажет.

Штольнялардан шыққан су ағындарының ұзындығы, әдеттегідей, ондаған, жүздеген метрлермен есептеледі, бірақ радионуклидтер тау массивінің шегінде қалады. Сызаттардың, ұсақ және ірі омырылулардың болуы олардың жерасты бассейндеріне су кететін алқап шектерінде күрт жоғалуының негізгі себебі болып табылады, алайда штольня, әсіресе су шыққанының, порталдарынан шыққан өзендер алқабындағы топырақтың радиациялық ластану деңгейінің төмендеуі, арна бойымен төмен осы телімнің тек геолого-геоморфологиялық жағдайларымен және осы элементтердің химиялық ерекшеліктерімен ғана емес, сондай-ақ осы радионуклидтерді сіңіретін және ұстап тұратын топырақтардың физика-химиялық қасиеттері себеп болады.

Сонымен, аталған экожүйеде орын алған процестердің қиындығына қарамастан, техногенді радионуклидтер «Дегелең» сынақ алаңының шегінде қалады және жербеткі және топырақтың ішкі ағынымен оның шекарасынан тыс ауыспайды.

Мақала авторлары Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының қызметкерлері А.Ю.Осинцевке, С.Б. Субботинге, А.А.Келлерге, Ж.А.Байғазиновқа, А.В.Лобачевке және С.Ю.Карягинге дала радиологиялық жұмыстарын ұйымдастырып, жүргізгендері үшін, О.Ю.Коровинаға, Н.В.Брянцеваға, В.В.Каширскийге спектрометриялық және радиохимиялық талдамалар жүргізгендері үшін алғыс білдіреді. Авторлар картографиялық материалдарды құру кезіндегі көмектері үшін А.В.Митяевке және Ю.Ю.Яковенкоға ерекше алғыстарын білдіреді.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. Бұрынғы Семей ядролық полигонының қоршаған ортаға әсерін кешенді бағалау. 01.01.01 Кезең Радиациялық-қауіпті нысандар мониторинг: ҒЗЖ туралы есеп (2004 ж. үшін аралық есеп) /басш. Л.Д.Птицкая – Курчатов: ҚР ҰЯО РҚЭИ, 2004.
2. ҚР ҰЯО РҚЭИ ғылыми-техникалық қызметі туралы есеп [«Қазақстандағы Атом энергетикасының дамуы» ҒТӨРО]: 1999-2003 жж. үшін ақпараттық есеп /басш. Л.Д.Птицкая – Курчатов: ҚР ҰЯО РҚЭИ, 2003.
3. ҚР ҰЯО Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының ғылыми-техникалық қызметі туралы есеп [ҒТБ 0346 «Қазақстандағы Атом

энергетикасының дамуы»]: 2005 ж. үшін ақпараттық есеп. / басш. Л.Д.Птицкая – Курчатов: ҚР ҰЯО РҚЭИ, 2005. – 39 б.
4. Дегелең таулы массиві штольняларын сипаттаудың бағдарламасы : ҚР ҰЯО № DNA 001-95-С-0179 келісім-шарт бойынша қорытынды есебі /басш. Ш.Т.Тухватулин – Курчатов: ҚР ҰЯО.
5. КСРО Қ.М. 905 нысанының инженерлік-геологиялық жағдайлары. 1:200000 көлемдегі инженерлік-геологиялық түсірудің қорытындылары туралы есеп. 1976 / И.Ю.Бардина, С.И.Ветрова [және басқалары]. – Курчатов: РҚЭИ қорлары.
6. Қазақ КСР. Семей облысы. – 10 шығ. – Алматы, 1968. – 475 б.
7. МемСТ 24481-80. Ауыз су. Сынамаларды іріктеп алу: 1980-29-12. № 6043 бекітілген. – М.: Стандарттар баспасы, 1993. -5 б.
8. МемСТ 17.4.3.01-83. Табиғатты қорғау. Топырақтар. Сынамаларды іріктеп алудың жалпы талаптары. – Кіріспе. 1984-01-07// Жинақ. Табиғатты қорғау. Топырақтар. – М.: Стандарттар баспасы, 1998. – 29-31 б.
9. МемСТ 17.4.4.02̃.84. Химиялық, бактериологиялық, гельминтологиялық талдама үшін сынама іріктеп алу әдістері. - Кіріспе.1986-01-01: (Табиғатты қорғау жинағы. Топырақтар.). – М: Стандарттар баспасы, 1998. –48-54 б.
10. МемСТ 2726̃87. Өсімдік тектес жемшөптер. Сынама іріктеп алу әдістері. - Кіріспе. 1988-01-07. - М.: Стандарттар баспасы, 1987. – 9 б.
11. Радиациялық қауіпсіздік нормалары (РҚН-99). СП 2.6.1.758-99. Ресми басылым. – Алматы, 2000.-80 б.
12. «RAMON-01» аспабы және оның модификацияларының көмегімен топырақтық родонды анықтау әдістемесі: ҚР бас мемл. дәрігерімен бекітілген 1998-27-07. - Алматы: СОЛО ЛТД, 1998. -7б.
13. Аумақ пен үй-жайдың гамма – аясын өлшеу әдістемесі: ҚР Санэпидстанасымен бекітілген 1997- 25-08.– 4 б.
14. Көлемді үлгілердегі радионуклидтердің белсенділігі. Гамма – спектрометрде өлшеуді орындау әдістемесі: МИ 2143-91. - Кіріспе. 1998-06-02. - Тіркеу № 5.06.001.98. – М.: ВНИИФТРИ ҒТҚ, 1991. - 17 б.
15. Қоршаған орта нысандарындағы радиоактивті заттектердің құрамын санитарлық бақылау бойынша әдістемелік нұсқаулар. - Кіріспе. 1999. - Тіркеу №5.05.008.99.
16. СТП 17. 66-92. Плутоний-238, 239, 240. Топырақтан сынама бөлу және альфа – спектрометриялық өлшеулерге арналған аспаптарды дайындаудың радиохимиялық әдістемесі ФГУП. Кәсіпорынның стандарты. Жоспарлардың сапасын басқарудың кешенді жүйесі.- Кіріспе. 1993-01-02. – Санкт-Петербург: «В.Ж.Хлопин ат. Радий Институты ҒӨБ», 1993. – 10 б.
17. Судың сапасы – аталған шоғырлануға сәйкес тритийдің белсенділігін анықтау – сцинтилляционды есептеудің сұйықтық әдісі: ISO 9698:1989 (Е).
18. *И.В.Тюрин.* Докучаев ат. топырақ институтының еңбектері /И.В. Тюрин. – 38 т. - М, 1951.-128 б.
19. Қазақстан Республикасының топырағын және өсімдіктерін зертханалық зерттеу бойынша әдістемелік нұсқаулар жинағы. - Алматы. - 1998.

20. *Е.В.Аринушкина.* Топырақтық химиялық талдамалар бойынша нұсқаулық /Е.В. Аринушкина. - М.: Мәскеу университеті, 1962.-490 б.
21. *Н.А.Качинский.* Топырақ физикасы / Н.А. Качинский. – М., 1965.-323б.
22. Радиометриялық параметрлердің аяүсті мәндерінің кестелері бар ландшафтты-экологиялық, радиоэкологиялық карталар: ҒЗЖ туралы есеп / орынд. Э.Г.Хасанов - Курчатов, ҚР ҰЯО РҚЭИ, 1999. - Инв. № 0-284.
23. Бұрынғы Семей полигонының D1, D3, D5 және D2 нысандарындағы жұмыстарды орындауға байланысты радиоэкологиялық зерттеулер: HDTRA1-08-G-0001/01/РИ келісім-шарт бойынша жұмыстарды орындау туралы қорытынды есеп/Ю.В.Дубасов – С.- Петербург: В.Ж.Хлопин ат. Радий Институты, 2008. - 43 б.
24. Радиациялық-ластанған аумақтардың топырақ-өсімдік жамылғысын экологиялық-биологиялық зерттеу. 2004-2006 жж. үшін радионуклидтердің қорек тізбегімен жылыстауын зерттеу: 01.01.01.05 тақырыбы бойынша РҚЭИ есебі.
25. Радиациялық қауіпсіздік нормалары (РҚН-99). СП 2.6.1.758-99. Ресми басылым. – Алматы, 2000.-80 б.
26. Ауыл шаруашылық радиоэкологиясы / Р.М. Алексахиннің, Н.А. Корнеевтің ред. – М., 1991. – 39-42 б.
27. Радионуклидтердің жинақталуының және қайта таралуының ВУРСА аймағындағы топырақтық-экологиялық шарттары. - Екатеринбург, 1996. - 37 б.
28. *Д.М.Стороженко.* Қазақ КСР топырақтары. Қарағанды облысы. – 8 шығарылым. - Алматы, 1967. - 185-189 б.

ХАРАКТЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ ЭКОСИСТЕМ ВОДОТОКОВ ШТОЛЕН ГОРНОГО МАССИВА ДЕГЕЛЕН

А.В. Паницкий, Р.Ю. Магашева, С.Н. Лукашенко

В работе представлены данные о загрязнении компонентов экосистем, обусловленном водной миграцией радионуклидов. В результате исследований получены данные о характере радиоактивного загрязнения почвенного покрова, поверхностных вод и вод подруслового потока экосистем водотоков из штолен горного массива Дегелен. Показан характер пространственного распределения радионуклидов в данных компонентах природной среды. Установлены ряды подвижности как вертикального, так и горизонтального перемещения радионуклидов в почвах вдоль и поперек русла водотока. Также показана возможность оценочного прогноза содержания радионуклидов в почве по удельной активности этих радионуклидов в воде. Различные величины содержания радионуклидов в сопряженных компонентах экосистемы (поверхностные воды – грунтовые воды – почвы) показали неравновесность их состояния в данной системе. Обобщение результатов исследований водотоков штолен с водопроявлениями, выбранных в качестве объектов исследований в данной работе, позволяет прогнозировать поведение радионуклидов в луговых почвах других экосистем водотоков из штолен площадки "Дегелен". На основании анализа кривых, описывающих поведение радионуклидов в горизонтальном направлении, мож-

но прогнозировать, что на данном временном этапе ^{137}Cs и $^{239+240}Pu$ не будет распространяться дальше 1,5 км от выхода на дневную поверхность, ^{90}Sr – не далее 2 км.

Ключевые слова: ядерные испытания, радиоактивное загрязнение, радионуклиды, штольни, луговые почвы, распределение радионуклидов.

PECULIARITIES OF RADIOACTIVE CONTAMINATION OF ENVIRONMENT IN WATER FLOW ECOSYSTEM OF THE TUNNELS AT DEGELEN MOUNTAIN RIDGE

A.V. Panitsky, R.Yu. Magasheva, S.N. Lukashenko

The paper presents data on the contamination of the ecosystem components caused by migration of radionuclides with water. The studies provided data on the nature of radioactive contamination of soil, surface waters and water ecosystems underflow conduit of flow streams from the tunnels of Degelen Ridge. There has been showed the character of spatial distribution of radionuclides in these components of the environment. There were determined series of mobility, both vertical and horizontal proliferation of radionuclides in soils along and across the bed of the watercourse. Also, there has been shown the potential for forecasts of radionuclides in the soil by the specific activity of these radionuclides in water. Different quantities of radionuclides in the conjugate components of ecosystems (surface water - groundwater - soil) showed the disequilibrium of their condition in this system. Research of tunnel watercourses with water seepage, chosen as objects of research for this work, allows predicting the behaviour of radionuclides in the meadow soils of other ecosystems of water flows from the tunnels of "Degelen" Ridge. Based on analysis of the curves describing the behaviour of radionuclides in the horizontal direction, one can predict that at this point of time ^{137}Cs and $^{239+240}Pu$ would not extend beyond 1.5 km from the outlet, ^{90}Sr - not more than 2 km.

Keywords: nuclear tests, radioactive contamination, radionuclides, tunnels, meadow soils, distribution of radionuclides.

УДК 577.4:504.4.054:539.16

ДЕГЕЛЕҢ ТАУЛЫ МАССИВІНЕН ТЫС ЖЕРЛЕРГЕ ЖАСАНДЫ РАДИОНУКЛИДТЕРДІҢ ЖЕРАСТЫ ЖЫЛЫСТАУЫ

С.Б. Субботин, С.Н. Лукашенко, В.В. Каширский, Ю.Ю. Яковенко, Л.В. Бахтин*

Бұл мақалада «Дегелең» алаңындағы ядролық сынақтар өткізілген жерлерден жерасты суларының ағысымен техногенді радионуклидтердің шығу сипатын зерттеу нәтижелері келтірілген. Негізгі ағын суларда радиоэкологиялық зерттеулер жүргізілді және жерасты суларының жай-күйіне ұзақ мерзімді мониторинг жүргізу үшін бақылау ұңғымалары жабдықталды. Дегелең таулы массивінің шегінде, сонымен бірге оның шекарасынан тыс жерлердегі жерасты суларының радиоактивті ластануының деңгейі жайлы жаңа деректер алынды. Алынған деректердің негізінде жерасты суларының ағынымен техногенді радионуклидтердің жылыстау сипаты туралы қорытынды жасалды, Дегелең таулы массивінің ауданындағы радиоэкологиялық жағдайдың даму мүмкіндігінің барысы жайлы болжамдық бағалау жасалды.

Түйін сөздер: жерасты сулары, ядролық сынақтар, ССП, Ұзынбұлақ, Байтілес, Қарабұлақ, Алтыбай, радионуклидтердің жылыстауы, Дегелең таулы массивінің геологиялық құрылысы және гидрогеологиялық жағдайлары.

КІРІСПЕ

Жерасты ядролық жарылыстарды (ЖЯЖ) жүргізу процесінде пайда болған радиоактивті ластану өрісі уақыт өте келе, бәрінен бұрын, әр түрлі типті жылыстау процестері нәтижесінде көлемді өзгерістерге ұшырайды. Техногенді радионуклидтердің жерасты суларымен жылыстау сипатын зерттеу айырықша маңыздылық пен қызығушылық тудырды, өйткені бұл процестің нәтижесінде ауыз сумен қамсыздандыратын көздердің радиоактивті ластануы және геологиялық ортаның барлық қорларымен бірге жоғалып кетуі мүмкін еді. Семей сынақ полигонының (ССП) аумағы үшін ЖЯЖ радиоактивті өнімдерінің жерасты сулары ағынымен сынақ аймақтарынан тыс таралуы «Дегелең» алаңына қатысты аса маңызды және өзекті. Бірінші кезекте бұл жерасты суларының радиоактивті ластану механизмдері мен сипатын және техногенді радионуклидтердің су ағындарымен ары қарайғы жылыстау жағдайларын анықтаған Дегелең таулы массивінің геологиялық құрылысы және гидрогеологиялық жағдайларына байланысты. Аталған алаңның жерасты суларында үлкен көлемде ауыз судың рауалы мәндерін (^{137}Cs – 700 Бк/л дейін, ^{90}Sr – 2000 Бк/л дейін, ^{3}H – 1300 кБк/л дейін және $^{239+240}$Pu – 110 Бк/л дейін) [1] жоғарылататын техногенді радионуклидтердің ең жоғарғы мәндері байқалғанын атап өту керек. Заманауи білімдер мен деректер негізінде жасалған болжамдық бағалау Дегелең таулы массивінің ЖЯЖ орталық аймақтарынан тыс шығатын жерасты суларында күрт өзгерістер болмаған жағдайда ^{90}Sr және ^{137}Cs шоғырлануының баяу азаюы мен $^{239+240}$Pu шоғырлануының әлсіз ұлғаюын көрсетеді. Сонымен, көз жетерлік болашақта «Дегелең» сынақ алаңынан тыс жерлерде радиоэкологиялық жағдайдың қомақты өзгерулері болуы мүмкін [1, 2, 3].

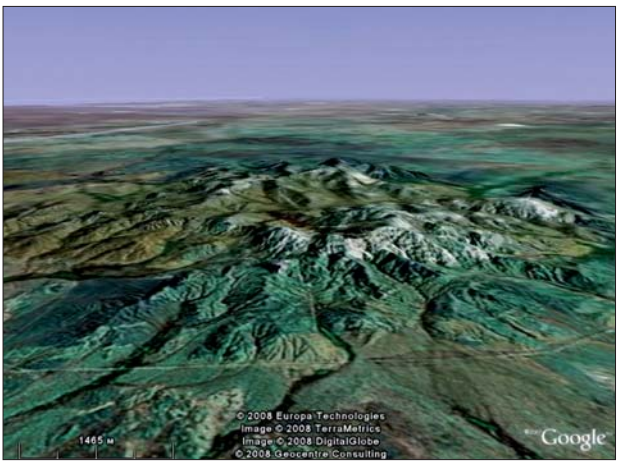
* Курчатов, ҚР ҰЯО Геофизикалық зерттеулер институты

Аталған мәселе ССП аумағы бөлігін шаруашылық айналымға беру мақсатында кешенді зерттеу жүргізу кезінде қазіргі уақытта аса өзектілікке ие болды. Берілетін аумақтардың қауіпсіздігін толық бағалау үшін тек ССП сынақ алаңдарында таралған жерасты суларындағы техногенді радионуклидтердің шоғырлану деңгейі туралы деректер ғана емес, сондай-ақ ластанған жерасты суларының ЖЯЖ жүргізілген орындардан осы аумақтардың жерасты суларына түсу мүмкіндігін болжамды бағалау да қажет. Аталған шолу мақаласында ҚР ҰЯО бөлімшелерінің түрлі жылдарда аталған мәселені зерттеу бойынша жүргізілген жұмыстардың нәтижелері ұсынылған.

1. «ДЕГЕЛЕҢ» СЫНАҚ АЛАҢЫ ТУРАЛЫ ЖАЛПЫ АҚПАРАТ

1.1 Дегелең таулы массивінің геологиялық құрылысы және гидрогеологиялық жағдайлары туралы жалпы ақпарат

Дегелең таулы массиві ССП оңтүстік бөлігінде орналасқан, изометриялық формалы және қоршаған төңіректен 500 м дейін биікте тұр (1-сурет). Шыңдарының абсолютті белгілері 1000 м-ден біршама асады.



1-Сурет. Дегелең таулы массиві

Дегелеңнің күрделі құрылған жанартауплутонийлік құрылымы бар, Шыңғыс-Тарбағатай қатпарлы жүйесінің шығыс қанатына орайластырылған. Бұл құрылымның қалыптасуы жоғары палеозойдағы тектон-магматикалық белсенділікпен байланысты. Магматикалық қызметтің басталуы орташа карбонға жатады, бұл кезде девон-таскөмір мульдтер аясында негізгі және орташа құрамның лавасының төгілуі болған. Орташа карбонның шөгінділері Дегелең тауларынан оңтүстікке және оңтүстік-шығысқа жалаңаштанады және андезиттермен, андезит-базальттармен, олардың туфталарымен, туффиталарымен, құмдарымен, алевролиттерімен берілген.

Жоғарғы карбонда – төменгі пермде орталық типтес ірі жанартаулық құрылыс қалыптасады. Жанартаулардың қалыңдығы қималардың төменгі жақтарында андезит-

термен және базальттармен және жоғарғыда – қышқыл лавалармен берілген. Еңіс жыныстары құрылымның орталығына қарай 15 – 35° бұрышпен еңістелген. Шеттерінен орташа қиыршық сиениттерге ауысатын гранит-порфирлер мен сиенит-порфирлердің сақиналы дайкалары байқалады. Жанартау құрылымының орталық және батыс бөлігі сопақ формалы жоғары пермдік гранит массивпен жыртылған. Массив солтүстік-солтүстік-батыс бағытта 18 км-ге, көлденеңінен 10 км-ге ұзарған. Граниттердің жанартаулық жыныстармен байланыстарының интрузивті сипаты бар және қуаты біршама ондаған метрге дейінгі қабыршақтану аймағымен шектеседі. Гранитті массивтің қалыптасуы екі фазада жүрді. Бірінші фаза ірі- және орташақиыршықты граниттерден, ал екінші фаза ұсақ қиыршықты биотиталы және лейкократты граниттерден құрылған. Екінші фазалы граниттерден құрылған штольнялар тұрақтылау болады.

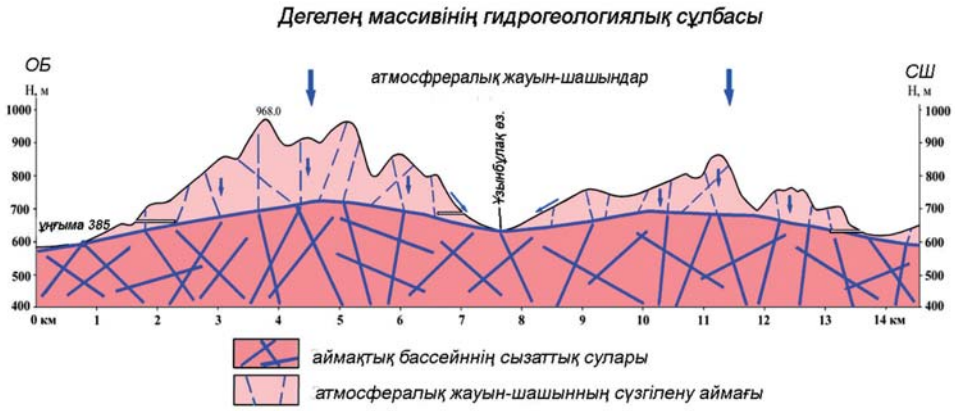
Гранитті массив қалыптасуының соңғы сатысында жоғары температуралы гидротермалды процесс көрінді. Массивтің апикалды бөлігінде вольфрамды кенденуі бар грейзендер пайда болады (Дегелең кенорны). Гидротермалды өзгерген жыныстар пиритке бай, оның есебінен сызатты сулардың сульфатты құрамы ұлғаяды.

Жарылғыш бұзылулар Дегелең массивін солтүстік-батыс, солтүстік-шығыс және субендік бағыттарда кесіп өтеді. Аса ірі омырылу Ұзынбұлақ бұлағы алқабының остік бөлігі бойымен өтеді. Оның ұзақтығы 10 км-ден аса. Таулы массивтің оңтүстік бөлігінде 7 км қашықтыққа дейін ендік созылған жарылғыш бұзылулар сериясы байқалады. Омырылу аймақтары жиі сулы болып табылады және көп дәрежеде оларды ашатын штольняға ағатын су ағынын анықтайды.

Дегелең таулы массивіндегі ядролық құрылғыларды сынау кезінде 181 штольня жүріп өтілді, олардың 124-і граниттерде, 35 - липариттердің лавалары мен туфолавалларда, 17 – базальттарда және андезитті-базальттарда және 5 – субжанартаулық және сиенит-порфирлерде және сиениттерде орналасқан. Су ағыны бар штольнялар әдетте граниттер арасында орналасқан, сирек липариттер лавларында, сиениттерде және тау жыныстарының басқа да түрлерінде құрылған штольнялардың су ағыны байқалады.

Таулы массив салыстырмалы түрде түрлі бағыттағы ағындары бар кең емес алқаптармен кесілген. Ірірек су жинайтын алаңы бары - оңтүстік-шығыс бағыттағы Ұзынбұлақ алқабы. Ағындарының басымы солтүстік және шығыс бағыттағы жербеткі су жүйелері Дегелең тауында бастау алады. Сонымен, жербеткі, топырақ және сызатты сулар көбінесе Дегелең таулы массивіндегі экологиялық жағдайларға байланысты. Транзитті алқаптар телім шегінде жоқ.

Таулы массивтің көлемді алаңдары бөлектенген құзды бедермен берілген және атмосфералық жауын-шашындардың құрғату облысы болып табылады. Атмосфералық жауын-шашындардың көп мөлшері түскен және көктемгі қар еру кезеңінде судың бір бөлігі жербеткі су ағынымен таулы массивтен тыс тасымалданады, ал бір бөлігі ашық сызат жүйелері бойымен ағады. Тау араларындағы алқаптардағы жерасты суларының деңгейі 0-ден 2-6 м-ге дейінгі тереңдікте байқалады. Таулы төңіректен тыс деңгей 10-12 м-ге дейін төмендейді. Су бөлетін бөлімдерде сызатты сулардың деңгейі 100-200 және одан көп метр тереңдікте болады. Бұл қуатты аймақ сызатты сулардың аймақтық бассейн деңгейіне дейінгі атмосфералық жауын-шашындардың сүзгіштік облысы болып табылады. Сондықтан таулы бөлікте сүзгіштік және аймақтық бассейн аймағының сызатты сулары бөлініп көрінеді (2-сурет). Барлық дерлік штольнялар сүзу аймағында орналасқан, бұл судың тау өнімдеріне көбінесе шатыр жағынан түсуін түсіндіреді.



2-Сурет. Жерасты суларының қоректену сұлбасы

Сонымен, Дегелең тауларында сулардың келесі түрлері бөлінеді:

- таралуы шектеулі, қазіргі делювиалды-пролювиалды шөгінділердің саңылаулы сулары;
- аллювиалды-пролювиалды шөгінділердің саңылаулы сулары, сол сияқты сағаасты сулары;
- палеозой жыныстарының сызатты сулары.

Сызатты сулардың әр түрлілігі ретінде омырылулардың сулы аймақтары анық көрінеді. Кейбір алқаптарда суға төзімді неогенді саз шөгінділері байқалады. Олар саңылаулы және сызатты су облыстарын бөледі. Қалған жағдайларда саңылаулы және сызатты сулар бір-бірімен тікелей байланыста.

Дегелең тауларының аумағында бар гидрогеологиялық ұңғымалар, бұлақтар, сулы штольнялар бойынша мұрағаттық материалдардың талдамалары және жобалық жұмыстар процесінде алынған материалдар нәтижесінде Дегелең таулары сызатты суларының көкжиек шатыры картасы құрылды (3-сурет).

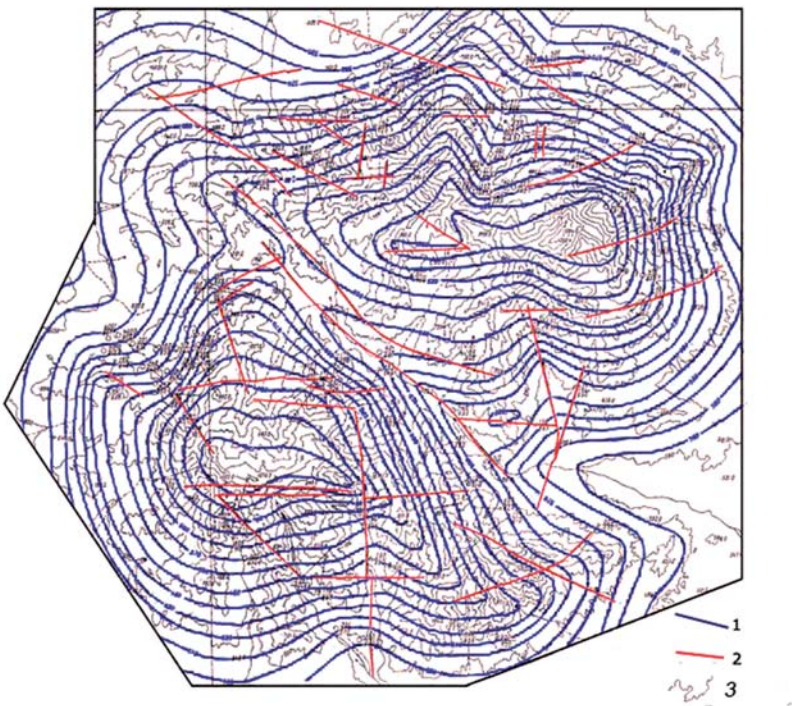
Гидроизогипстер жерасты сулары қозғалысының аса ықтимал бағыттарын анық көрсетеді. Бұл кезде Ұзынбұлақ бұлағы алқабының бағытымен сәйкес келетін оңтүстік-шығыс ең маңызды бағыт болып табылады. Картада көрінгендей, Дегелең тауларында аймақты сызатты сулар екі күмбезтәрізді көтерілу жасайды. Оңтүстік су бөлгіштің астында тұрған жерасты суларының айнасы күндізгі жер бетінен 350 м тереңдікте орналасқан. Солтүстік су бөлгіштің астында тұрған жерасты суларының айнасы 390 м аса тереңдікте орналасқан.

Массивтің гидродинамикалық параметрлері аймақтың гидрометеорологиялық жағдайларына тікелей байланысты. Зерттеу нәтижелері бойынша шамамен 20 тұрақты бұлақтар анықталған. Бұлақтардың су мөлшері 0,5 – 0,6 дм^3/мин-нан 1000 дм^3/мин дейінгі шекте құбылады. Аса суы мол бұлақтар 545–650 м биіктікте орналасқан. Олар негізгі сулы омырылуларға байланысты және сызатты-арқаулы сулардың түсу бекеттері болып табылады. Олардың жоғарылайтын сипаты бар. Бұлақтардың бір бөлігі топырақ суларына байланысты және бәсеңдейтін сипаты бар.

Жоғарыда аталғандардан басқа, маусымдық режімі бар бұлақтардың көп саны (~30) кездеседі. Бұлақтардың маусымдық сипатының белгісі ылғал сүйгіш өсімдіктің, топырақтың ылғалдануы және эрозиялық ойылулар болуы.

«Дегелең» сынақ алаңының жұмысы кезінде су ағыны 50-ден аса штольняларда байқалды.

Химиялық құрамы бойынша Дегелең таулы массивінің жерасты сулары сульфатты және гидрокарбонатты-сульфатты типіне жатады. Катиондар ішінен іс жүзінде барлық сыналған су бекеттерінің құрамында бар Ca^{2+} басым. Na^{+}+K және Mg^{2+} катиондары тәуелді орынға ие. Бұл 1 г/дм^3 азырақ минералдануы бар өте жұмсақ тұщы су. Жерасты суларының құрамы тұрақты және іс жүзінде маусымға байланысты емес [4, 5].



1- Гидроизогипстер; 2 – Аймақтық омырылулар; 3 - Изогипстер

3-Сурет. Дегелең сызатты сулары көкжиек шатырының картасы

1.2. Дегелең алаңындағы ядролық сынақтар

«Дегелең» сынақ алаңы қуаты 150 кт-ға дейін көлденең тау өнімдері – штольняларда жерасты ядролық жарылыстары (ЖЯЖ) жүргізілген ССП сынақ алаңдарының негізгілерінің бірі болып табылады. 1961-1989 жж. кезеңінде барлығы таулы массивте 181 штольня жүргізілді, мұнда 295 ядролық құрылғы сыналды (1-кесте) [6]. Алаңда топтық ядролық жарылыстар жеке өндірімдерде де (штольняларда), сол сияқты бірден көп емес өндірімдердегі ядролық құрылғыларды бір уақытта жару жүргізілді. Бірінші топтық жарылыс 03.12.1966 ж. 14- штольняда жүргізіліп, екі ядролық құрылғыларды бір уақытта жару жүргізілді. Бір уақытта 2 ядролық заряд 43 рет, 3 заряд – 16 рет, 4 заряд – 5 рет және максималды мөлшер 5 заряд – 2 рет жарылды.

1-Кесте

«Дегелең» алаңында жүргізілген ядролық сынақтардың ядролық энергия бөліну қуаты бойынша ядролық сынақтардың таралуы

Қуаты, кт	Саны, дана	Қуаты, кт	Саны, дана
<0,001	21	20-дан 150-ге дейін	25
0,001-20	249	БАРЛЫҒЫ	295

Жарылыстардың сандық таралуы 2-кестеде көрсетілген радиациялық әсермен қоса жүргізілді.

2-Кесте

Ядролық сынақтарға әсер ететін радиациялық әсерлердің сандық талдамасы

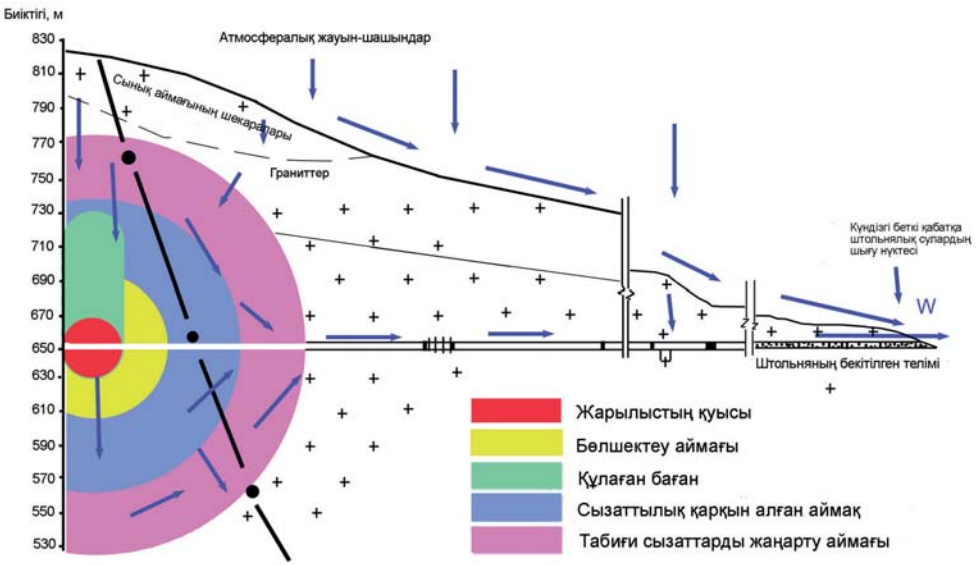
Радиациялық әсер	Саны
Жарылыста атмосфераға инертті газдар шыққан жоқ	111
Жарылыста атмосфераға аздаған инертті газ шықты	49
Жарылыстың газ тәрізді және бу тәрізді өнімдерінің динамикалық жылдам шығуы	2
Жарылыстың газ тәрізді және бу тәрізді радиоактивті өнімдерінің қоспаның одан әрі жануымен бірге жылдам және динамикалық сілкінісі	1

Сынақтардың гипоорталығынын шығатын сейсмикалық толқындар ЖЯЖ негізгі бұзушы факторы болып табылды. Бұл кезде толқынның екі түрлі ортаның (тау жынысы-атмосфера) шекарасы арқылы қырдың жоғарғы бөлігінің құлауы іске асты. Құлау жыныстардың сызаттар жүйесі бойынша блоктарға бұзылуымен, қырында ірі-кесек құлдырау және баурайлардағы ірі-кесек коллювий пайда болуымен қатар жүрді. Жарылысқа дейінгі баурайларда жатқан табиғи коллювий сілкініс кезінде өзінің тұрған алғашқы орнынан төмен ауысты және ірі қырлы фракцияны қоршайтын жаңартылған орташа-ұсақ қырлы шөгінділерді түзеді. Зарядтың қуаты мен тектоника және сызаттанудың ерекшелігіне байланысты жарылыстың эпиорталығында бұзылулар екі сценариймен дамыды:

- бірінші – құлаулар мен шөгінділердің пайда болуы;
- екінші – ойылған шұңқырдың пайда болуы.

Екінші нұсқа бойынша сейсмоорналасу 84 жағдайда пайда болды. Шұңқырлардың өлшемдері, тереңдігі әр түрлі, жоспарлы формасы көп жағдайда дөңгелек. Шұңқырдың ішкі контурында эпиорталықтық және күшті және апатты жер сілкіністерінің аймағына тән сейсмодірілдек конустар мен дөңестер кездеседі. Жарылыс кезінде, бәрінен мүмкіні, газдардың жер бетіне шығуы жүзеге асуы ықтимал, бұл кезде, жарылыс камерасына дейін барған үңірейген сызаттар пайда болуы мүмкін.

ЖЯЖ жүргізу ұсатылулар, ойылған шұңқырлар және үңірейген сызаттар пайда болуы бар таулы жыныстардың елеулі деформациясына әкелді. Мұның нәтижесінде тау жыныстарының өткізгіштігі көп ұлғайды, бұл бәсеңдейтін сүзгіштіктің күшеюіне және жербеткі судың біртіндеп жерасты суына бөлшектеніп ауысуына себепші болды. Сонымен, Дегелең таулы массивінде ядролық жарылыстар жүргізілген соң атмосфералық жауын-шашындардың сүзу аймағының сызатты-арқаулы және сызатты су ағындарын біріктіретін жерасты суларының ерекше жаңа типі, ары қарай штольня сулары пайда болды (4-сурет).



4-Сурет. «Дегелең» алаңы». Штольнядағы ЖЯЖ кезіндегі жерасты суларының қозғалысы

Атмосфералық жауын-шашындар мен сызатты-арқаулы сулардың қалпына келмейтін деформациялар аймағына және тікелей қазан-шұңқыр қуысына түсу нәтижесінде штольня суларының радионуклидті қалыптасуы жүзеге асады. Сызаттар жүйесі мен штольня қуыстары бойымен ауыса отырып, радионуклидтермен ластанған сулар жерасты суларының бассейнін толтырады немесе штольня порталдарының ауданында күндізгі жер бетіне шығады.

1.3. Штольняларды жабу бойынша жұмыстар

1.3.1. Су режіміне штольняларды жабудың әсерін бағалау

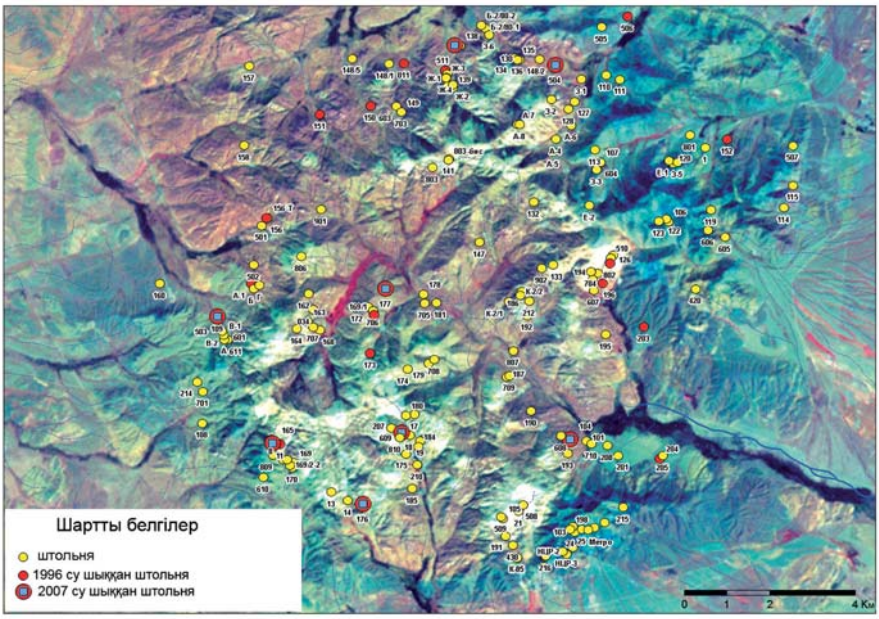
Дегелең таулы массивінде 1996-1998 жж. аралығында 178 штольняны жабу бойынша жұмыстар атқарылды. 1996 ж. - 59, 1997 ж. – 65, 1998 ж. – 54 штольня жабылды (5-сурет).

Жабудың қолданылған әдістері штольняның техникалық жағдайына, оның жеке ерекшеліктеріне, ал ең бастысы, штольняларды жабу бойынша жұмыс жүргізіп жүрген қызметкердің масималды қауіпсіздігін қамтамасыз етуге байланысты болды. Жарылғыш заттектерді жаруды жүргізу кезіндегі төселетін жыныстардың бұзылуы түріндегі қосымша антропогенді әсерді болдырмайтын бетон тығынның құрылуы барлық әдістердің ішіндегі экологиялық тазасы болып табылады. Жұмыстарды жүргізу жылдары бойынша бөлінген штольняларды жабудың қолданылатын әдістерінің суреттелуі 3-кестеде ұсынылған.

3-Кесте

Жылдар бойынша штольняларды жабу әдістері

№	Әдіс	1996	1997	1998	Барлығы
1	Қапталған зарядтар	1	7	12	20
2	Жер бетінен тігінен шыққан шпуралар	21	24	15	60
3	Штольнядағы шпуралар	22	18	8	48
4	Бетондау	15	16	14	45
5	Көлденең ұңғымалар	-	-	11	11
6	Табиғи бедерге дейін қалпына келтіру	59	65	54	178



5-Сурет. Дегелең таулы массиві. Штольнялардың орналасу сұлбасы

Жоғарыда көрсетілген әдістер немесе олардың комбинацияларын қолдана отырып жабылған әр штольня жабылған соң штольня порталы және ойылған траншея таудың табиғи бедерінің қалпына келуіне дейін жыныспен жабылған.

Іс жүзінде барлық штольнялар сызаттық сулардың аймақтық бассейн деңгейінен жоғары, атмосфералық ылғалдың көлденең сүзу аймағында орналасады. ЖЯЖ су режімін бұзған сыйғызатын орта құрылымында қайталанбас өзгерістерге әкелді. Сүзу аймағында ауқымды камуфлетті қуыстар, техногенді сызаттану және штольнялардың өзінің кеңістік аймағы пайда болды. Одан басқа табиғи құрылымдардың өткізгіштігі өзгерді және ашық қуыстар, әсіресе, жер бетіне жақын бөліктерде пайда болды. Барлық қайтадан пайда болған құрылымдар сыйғызатын ортада әр түрлі жағдайларда кептіретін жүйелермен, ылғалдың уақытша жинауымен, жылыстаудың жаңа жолдары-

мен берілуі мүмкін. Нәтижесінде штольняға судың ағуының кенеттен тоқтауы, судың біраз массасының жарып ағуы, бетон қабырғалардың әсерінен штольняларда жиналып қалған судың түсуі сияқты құбылыстар байқалды. Бұл құбылыстар штольнялардың 1996 ж. екі реттік зерттелуі кезінде байқалды. Мысалы, қыс-көктемгі кезеңде №№ 177 (1250 л/мин) дейін және 802 (600 л/мин) штольнялардан аққан су ағынының қарқынды болғаны байқалды. Жаз-күз кезеңдерінде 177 штольнядан аққан су ағыны 302 л/мин дейін қысқарды, ал № 802 штольнядан аққан су толықтай тоқтады. Бір уақытта №№ 104 және 503 штольнялардан аққан су ағыны 1400 л/мин жете отырып, ұлғайды.

1996 ж. барлығы 34 штольняда су байқалды. Олардың тек 23 штольнясында оның порталда пайда болуын қамтамасыз ететін мөлшерде түсті.

Бірінші тексеру кезінде штольнядан аққан судың жинақ ағыны 4200–4400 л/мин құрады. Егер судың қарқынды жинақ ағынының шамамен 3600 л/мин радиоактивті ластанған штольнялардан түскенін ескерсек, онда ағындардың қарқындылығын азайтуға немесе оны жер бетінде оқшаулауға ұмтылуы түсінікті.

1996 ж. бес сулы штольня (№№ 169/1, 173, 196, 203 және 204) жабылды. Олардың ішіндегі № 173 штольня порталында кептіру тұрбасы бойымен судың аздаған түсуі байқалды. Бұдан басқа төрт штольняда (№№ 11, 143, 150 және 802) ағын не тоқтады, не су штольняға тереңге кетті және порталда пайда болған жоқ. Сондықтан су ағынын 1997 ж. режімді бақылау 23-тің 14 штольнясында жүргізілді. 1996 ж. ағымында барлық штольняларда ағынның қарқындылығының біртіндеп төмендеуі байқалғанын атап өту керек. Сонымен, судың жинақ ағыны штольняларды жабу нәтижесінде және жеке ағындардың 1440 л/мин-на табиғи жоғалуы нәтижесінде азайды.

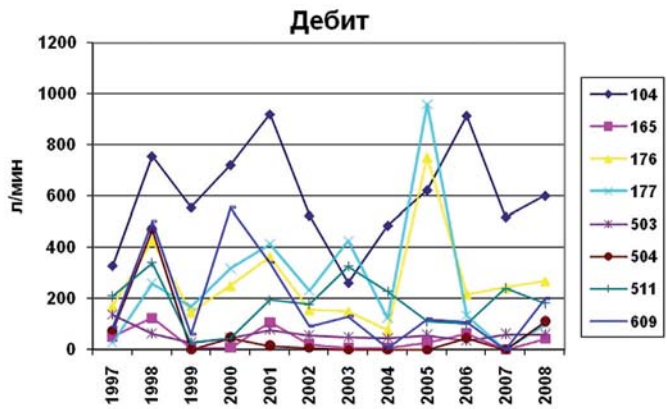
Тұтас алғанда, 1997 ж. штольнялардан шыққан су ағындары қарқындылығының біртіндеп азаюымен сипатталды. Штольняларды жабуды жалғастыру процесі мен өзгеше климаттық жағдайлар бұл құбылыстың себебі болып табылады. Қазанға қарай ағындардың жиынтық көлемі 716 л/мин дейін азайды. 1997 ж. бақылаудағы 15 порталдың 7-еуі жабылды (№№ 011, 151, 152, 156, 156-Т, 504 және 506 штольнялар). Жабылу уақытына осы штольнялардағы ағындардың жиынтығы 239 л/мин құрады. Штольня порталдарына келетін судың бақыланатын ағындары осы көлемге азайды. Портал жабылған соң және № 504 штольня баурайын тегістеген соң су өзендермен ағып шыға бастады (6 л/мин дейін). Жабылған портал арқылы судың шығуы сондай-ақ №№ 156-Т штольняда байқалды. Судың негізгі бөлігі топыраққа сіңді, ал жер бетінде оның түсу мөлшері 5–6 л/мин асқан жоқ. Қазанда, топырақтың суға толу шамасы бойынша ылғалдану көлемі 100 м^2 тарады, ал су жер бетіне 10 л/мин аса мөлшерде түсті.

Сонымен, 1997 ж. судың жабылған құрылыстар арқылы ағып, жер бетіне шығатыны анық болды. Бұл кезде су екі жабылған штольня: №№ 156-Т, 504 порталдарына түсуін жалғастырды. Бұдан басқа осы жылдың 3 желтоқсанында жабылған 511 штольнядан аққан ағын тоқтамады. Бұл ағындармен жер бетіне радионуклидтердің шығуы да жалғаса берді. Сондықтан жабылған порталдар маңына су жинаудан және ірі қалдық материалдардан жасалған бөгеттен тұратын арнайы сүзгіш орнату туралы шешім қабылданды.

1998 ж. қазанда соңғы сулы № 609 штольня жабылды, мұндағы су ағыны штольня жабылған соң тоқтаған болатын. Осы уақыттан бері ағындарды бақылау жабылған штольня порталдары маңында жүргізілді. Тұрақты су ағынымен сипатталатын 10 штольня порталдары алдында сүзгіштер құрылды. Бұл штольняларды зерт-

теу көрсеткендей, 5 порталда сүзгіштер тау жыныстарының арқауындағы суды толық сіңіруін қамтамасыз етеді. Осы порталдардағы ағындардың қарқыны тікелей қалдық материалмен толық жабылмаған сүзгіштер маңында өлшенді. Бөгеттердің қуатын ұлғайту №№ А-1, 156-Т және 165 штольнялардан аққан ағындарды толық оқшаулауға мүмкіндік берді. Ағын қарқындылығы 200 л/мин асатын штольня порталдардарында су арналарды шайып, жақын алқапқа жете бастады. Ағын қарқындылығының жоғары болған кезінде су жыныстың арқауын тез ылғалдандырады, нәтижесінде арқау айналасында шалшықтанған телімдер пайда болады.

Сонымен, барлық сулы штольнялар жабылған соң су жабылған құрылыстар арқылы 8 штольняда: №№ 104, 165, 176, 177, 503, 504, 511 және 802 шығуын жалғастырды. 6-суретте штольнялар жабылғаннан кейінгі көп жылғы штольня ағындарының мөлшерін бақылау нәтижелері көрсетілген.



6-Сурет. Штольнялардан шыққан су ағындарының мөлшері

Кестелерде кварталды өлшеулер нәтижесінде алынған орташаланған мәндер ұсынылған. Ұсынылған деректер бойынша көптеген штольнялық су ағындары үшін теңгерімсіздік сипаты тән.

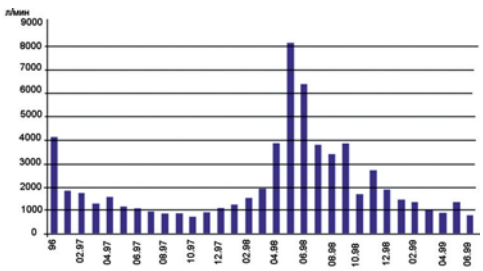
1.3.2. Жабылған штольнялардың радионуклидтердің су ағындарымен шығуына әсерін бағалау

Порталдарды жабу жұмыстары басталғанға дейінгі штольнялардағы 1996 ж. жүргізілген зерттеулер су ағыны бар көптеген штольнялардың радиоактивті ластануы бар екендігін көрсетеді. Сондықтан су сынамалары ^{137}Cs және ^{3}H құрамына, ал 1999 ж. – ^{90}Sr құрамына талдана бастады.

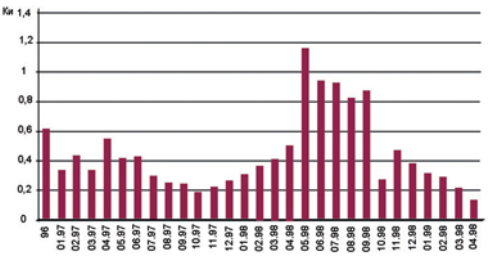
Штольняларды жабу кезеңінде 29 штольня порталдарындағы ағындардың радиоактивті ластануы туралы мәліметтер алынған болатын. 19 штольня порталдарында су анда-санда пайда болатын, сондықтан олар жеке сынамалармен сипатталған. № 173 штольнядан аққан ағыннан басқа барлық осы ағындарда ^{137}Cs құрамы ауыз су үшін рауалы шоғырланудан төмен болды. Бұл штольняларға келетін судың ағыны жүргізілген ядролық жарылыстар нәтижесінде ластануға душар болмаған сызатты жүйелер бойынша жүзеге асады деп болжауға болады.

Судың ^{3}H ластануы аса кеңінен тараған. Мысалы, барлық талданған ағындардың ішінде ^{3}H жоғары құрамы 21 штольня суларында, ал ^{137}Cs – тек 8-інде байқалған. 8-суретте ағындармен жер бетіне шығатын ^{137}Cs саны үздіксіз азая бергені көрсетілген. Бұл тек ағындар қарқындылығының азаюына ғана емес (7-сурет), сондай-ақ штольня порталдарын жабу арқасында ^{137}Cs ағындардағы шоғырлануының азаюы да байқалады. Тіпті болмағанда, ^{137}Cs бір ағындағы тиесілі белсенділігі көп жағдайда штольня жабылған соң төмендейді. Порталдарды жабуға дейін және жабылғаннан кейінгі ^{137}Cs орташа құрамының есебі суретте берілген (9-сурет).

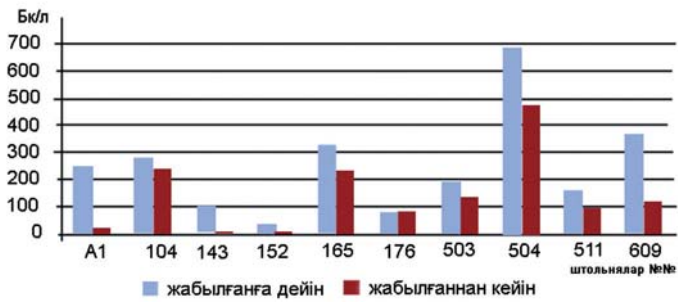
Ағындар суындағы ^{137}Cs құрамының азаюына, сіңіру процесі әсер етуі мүмкін. Шындығында, жер бетінде ағынның пайда болуы алдында су құрамында жіңішке қажалған материал, соның ішінде құмды және сазды бөлшектер бар жабылған құрылыстар арқылы сүзіледі. Бұл материал ^{137}Cs салыстырғанда жоғары сіңіргіш қасиеттерге ие [7, 8].



7-Сурет. Штольнялардан аққан судың жиынтық ағыны



8-Сурет. Штольнядан аққан ағындармен ^{137}Cs ай сайын түсетін жиынтық саны



9-Сурет. Штольнялар жабылғанға дейін және кейінгі ^{137}Cs судағы орташа тиесілі белсенділігі

1.4. «Дегелең» алаңындағы радиоактивтілік

1.4.1. Жинақталған белсенділік, оның тау жынысында таралуы туралы ақпарат

ЖЯЖ орталық аймақтарының жасанды радионуклидтермен ластануына келесі факторлар себеп болды:

- бөлетін заттектердің қалдықтары;

- бөліну сынықтары;
- келтірілген белсенділіктің радионуклидтері.

Тау жыныстары блоктарының радиоактивті ластануға болжамды үлесін бағалау, ЖЯЖ жүргізу нәтижесінде, барлық зарядтар жүргізу үшін ^{239}Pu негізінде жиналған деуге болды.

Бөлетін заттектердің қалдықтары. Абсолютті белсенділіктерді есептеу жұмыста көрсетілген әдіснамаға сәйкес жүргізілді [9]. Құрылыстың бұзылу уақытында қалған бөлетін заттектердің ядролық зарядының саны η ядролық жарылыстың тиімділігімен анықталады, бұл сынақ жүргізілген уақыттың ядролық қондырғысының типі мен құрылысына байланысты 1-ден 30 % дейін өзгеруі мүмкін. Ары қарайғы есептеулер үшін, әр жарылыс бойынша ресми деректер болмағандықтан, оны 20% тең дап аламыз.

«Дегелең» сынақ алаңында барлығы 209 жерасты сынақтары жүргізілген. Жарылыстар қуатының тротилді эквиваленттегі барлық диапазоны екі бөлікке бөлінеді: 0,001 кт-дан 20 кт дейін, 20 кт-дан 150 кт дейін. Абсолютті белсенділікті есептеу төменгі және жоғарғы шектер үшін жүргізілді, сосын осы уақытқа белсенділіктің минималды және максималды болжамды жиынтық мәндерін жасай отырып, сәйкес шектер қосылды. Алынған нәтижелер 4-кестеде берілген.

4-Кесте

Дегелең алаңындағы плутоний изотоптары мен еншілес ^{241}Am максималды және минималды болжамды жиынтық белсенділігі

Изотоптың атауы	Жартылай ыдырау кезеңі, г	Белсенділіктің төменгі шегі, Бк	Белсенділіктің жоғарғы шегі, Бк
^{238}Pu	87,7	$6,9\times10^{13}$	$1,2\times10^{15}$
^{239}Pu	$2,4\times10^{4}$	$1,9\times10^{14}$	$3,4\times10^{15}$
^{240}Pu	$6,5\times10^{3}$	$6,0\times10^{13}$	$1,1\times10^{15}$
^{241}Pu	14,4	$6,9\times10^{14}$	$1,4\times10^{16}$
^{242}Pu	$3,7\times10^{5}$	$7,3\times10^{10}$	$1,3\times10^{12}$
^{241}Am	14,4	$1,3\times10^{14}$	$2,2\times10^{15}$

^{241}Pu белсенділігі шындығында ^{240}Pu шапшаң нейтрондармен белсендірілу есебінен біршама жоғары болуы мүмкін, бірақ аталған реакцияның қимасы көп үлес қосу үшін өте аз. Уран заряды пайдаланылған кезде тау жыныстарының құрамында ^{235}U жоғары құрамы бар уран болуы мүмкін.

Бөліну сынықтары. Бөлінетін заттек қалдықтарын есептеу кезіндегі сияқты бөлу сынықтарының белсенділігін есептеу осы күнге жиынтық белсенділіктің жоғарғы және төменгі мәндерін жасай отырып, жарылыстардың 0,001 кт-дан 20 кт дейін, 20 кт-дан 150 кт дейін қуатының екі аралығы үшін жүзеге асады. Алдыңғы есептеуге ұқсас аталған есептеу жұмыста көрсетілген әдіснамаға сәйкес жүргізілді [9]. 5-кестеде алынған мәндер келтірілген.

5-Кесте

Аса маңызды радионуклидтердің- бөліну сыныктарының қазіргі күнде іс жүзінде есептелген минималды және максималды болжамды абсолютті белсенділігі

Радионуклидтің атауы	Жартылай ыдырау кезеңі, г	Жиналған белсенділік, Бк		Изотоп белсенділігінің ^{137}Cs белсенділігіне бағдарлы қатынасы
		Минималды мән	Максималды мән	
^{79}Se	65000 жыл	$6,8 \times 10^{9}$	$1,2 \times 10^{11}$	< 0.00001
^{90}Sr (^{90}Y)	28,5 жыл	$8,1 \times 10^{14}$	$1,5 \times 10^{16}$	0.74
^{99}Tc	213 000 жыл	$1,7 \times 10^{13}$	$3,0 \times 10^{14}$	0.015
^{121}Sn-m	50 жыл	$4,2 \times 10^{11}$	$7,5 \times 10^{12}$	0.0004
^{125}Sb	2,77 жыл	$5,9 \times 10^{10}$	$3,0 \times 10^{12}$	< 0.00006
^{137}Cs (^{137}Ba-m)	30,17 жыл	$1,1 \times 10^{15}$	$1,9 \times 10^{16}$	1
^{151}Sm	93 жыл	$4,2 \times 10^{11}$	$7,5 \times 10^{12}$	0.0004

Жиналған белсенділік радионуклидтері. Жарылыс кезінде пайда болған шапшаң нейтрондардың шамамен 50 % ядролық зарядта сіңдіріледі, ал қалғандары қоршаған ортаға түседі. Бөліну нейтрондарының өтуі кезінде ортаның заттегі арқылы ядролардағы кинетикалық энергия мен ядролық реакцияның жоғалуы бар (радиациялық қармауды қоса), нейтрондар энергиясының азаюымен болу мүмкіндігі тез өсетін серпімді және серпімді емес ыдырау жүреді. Бұл процестер зарядты қоршаған заттектің бөлінудің тізбекті реакциясының тоқтағаннан соң дереу біраз миллион градусқа дейін қызған плазмаға айналуы көлемінде жүзеге асатынын атап айту керек. Бөліну нейтрондары және оның энергиясы іс жүзінде дереу термалданады, ал, нәтижесінде, сіңіру қимасы да толықтай плазманың тез өзгеретін температурасымен анықталады. Соңында бұл нейтрондар жаңа тұрақты және радиоактивті изотоптар жасай отырып, орта ядросымен толықтай сіңеді. Осы немесе басқа изотоптың жасалғанын түзету есебі үшін орта заттегінің химиялық және изотопты құрамын білу жеткіліксіз, плазмалы бұлттағы процестер динамикасын суреттеу қажет.

Аса маңызды радионуклидтерге, белсендіру өнімдеріне келесі радиоактивті изотоптарды жатқызу керек: ^{152}Eu, ^{60}Co, ^{36}Cl, ^{14}C. Аталған радионуклидтер жинақталатын ядролық реакциялар төменде келтірілген:

$$^{151}\text{Eu (n, }\gamma\text{) }^{152}\text{Eu};\ \ ^{59}\text{Co (n, }\gamma\text{) }^{60}\text{Co};\ \ ^{35}\text{Cl (n, }\gamma\text{) }^{36}\text{Cl};\ \ ^{14}\text{N (n, p) }^{14}\text{C}$$

^{3}H сияқты радиоактивті изотопты жеке айтқан дұрыс. Жарылыстарды жүргізу кезінде синтез реакциясы ~$7*10^{14}$ Бк/кт, бөліну реакциясы ~$4*10^{10}$ Бк/кт береді. Жерасты жарылыстары бұл сандарды құз жыныстарында бар бор мен литийдағы рекциялар есебінен ұлғайтады [8,9]:

$$^{10}B_5 + n \rightarrow 2\,^{4}He_2 + T; \qquad {}^{6}_{3}Li + n \rightarrow {}^{4}_{2}He + T$$

Бұл кезде жоғарыда келтірілген реакциялар бойынша жасалған тритийдің бір бөлігі тау жынысының кристалл құрылымында болады және біртіндеп минералды құрылымдар бетіне диффундацияланады, соңынан су және ауа ортасына ауысады.

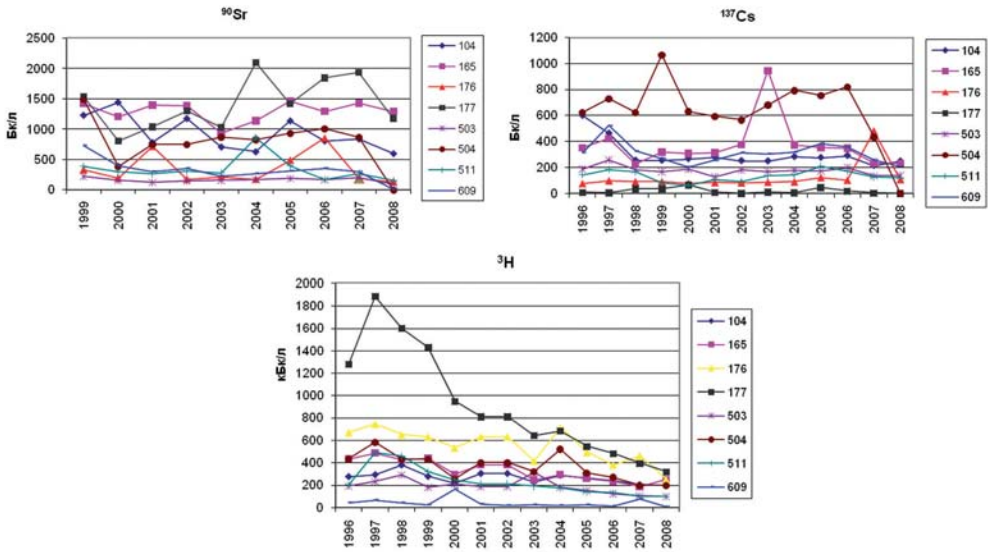
Орталық аймақтағы ЖЯЖ жүргізілу нәтижесінде радионуклидтердің екі негізгі көзі пайда болады. Біріншісі – бұл ұсақталған жыныста және массивтің сызаттарында оқшауланған радиоактивті аэрозолды-шаң құрауышы. Екінші көз – бұл ^{90}Sr негізгі үлесін, ^{137}Cs және $^{239+240}$Pu барлық дерлігін құрайтын радиоактивті шынышлактәріздес жыныс. Бұл кезде радиоактивті изотоптардың көптеген бөлігі (бөліну өнімдері) инертті газдар түрінде немесе қуыс бұзылуы жүретін уақытпен салыстарған уақыт кезеңіндегі ұшпа элементтер түрінде болады. Инертті газдар түріндегі изотоптар басқа элементтерге ыдырау болмағанға дейін сұйық түрге айналмайды, ал көптеген ұшпа заттектер – температура төмендемейінше немесе аздаған ұшпа заттектерге ыдырау болмайынша сұйық түрге айналмайды. Жарылыстан кейінгі радиоактивті ыдырау процесі жалғасуына байланысты газ тәрізді және ұшпайтын изотоптардың салыстырмалы таралуы өзгереді. ^{90}Sr көп бөлігі, тікелей пайда болатын ^{90}Sr немесе ^{90}Rb есептемегенде, бөліну кезінде инертті ^{90}Kr (шамамен 80%) түрінде пайда болады. Сонымен, егер қуыс ^{90}Kr (33 с) жартылай ыдырау кезеңімен салыстыруға болатындай кезеңде бұзылатын болса, онда соңғы ^{90}Sr үлкен бөлігі балқытылған материалмен алынбай, қуыстан басқа газдармен бөлініп шығады. Тіпті толық камуфлеттің жарылысы кезінде және ыдырау өнімінің көп бөлігі бар ерімейтін шыны тәріздес масса пайда болған кезде, қуыс бұзылған кезде инертті газдар (^{90}Kr және ^{137}Xe) түрінде болған ^{90}Sr және ^{137}Cs үлкен үлесі шыны тәріздес массада болмайды, ал басқа газдармен бірге таралатыны белгілі болған [10,11,12]. Сонымен, газ тәрізді немесе ұшпа элементтер негізін қалаушы болған ^{90}Sr және басқа да изотоптардың едәуір көп саны жоғары радиоактивті аймақтан едәуір көп арақашықтықта қойылады және бұзылған ортада таралады. Жарылыс қуысындағы 1000—1500°С температура кезінде ыдырау өнімінің кейбір жасалған радионуклидтері ұшпаға айналуы мүмкін, бұл олардың шынытәріздес материалдан ұшып кетуіне әкеледі, ол, мысалы, цезийге тән.

Сонымен, ластанған тау жыныстарының блоктарын қоршап тұрған суларда келесі радионуклидтердің болуын күтуге болады: радиоизотоптар – бөлетін заттектердің қалдықтары (^{238}Pu, ^{239}Pu, ^{240}Pu, ^{241}Pu, ^{241}Am немесе ^{235}U); радиоизотоптар – бөліну сынықтары (^{90}Sr (^{90}Y), ^{99}Tc, ^{137}Cs); радиоизотоптар – белсендіру өнімдері (^{152}Eu, ^{60}Co, ^{36}Cl, ^{14}C, ^{3}H). Абсолютті сандары көп емес, бірақ жоғары жылыстау қасиеттері бар ^{99}Tc, ^{36}Cl, ^{14}C сияқты изотоптарға баса назар аудару керек.

1.5. Жербеткі сулардың радионуклидті ластануы

Жоғарыда айтылғандай, штольня сулары жербеткі және жерасты суларының негізгі радиоактивті ластаушысы болып табылады. Жасанды радионуклидтердің шоғырлануы ($^{239+240}$Pu, ^{90}Sr және ^{137}Cs) құйылатын суда салыстырмалы түрде жоғары емес - $< n\times10^{-1} – n\times10^{3}$ Бк/л, алайда құйылатын судың жеткілікті үлкен көлемі кезінде бұл біртіндеп қоршаған ортаның көп ластануына әкеледі. ^{90}Sr, ^{137}Cs және ^{3}H негізгі ластаушылар болып табылады.

Суретте (10-сурет) штольня суларының көп жылғы радионуклидті мониторинг деректері келтірілген.



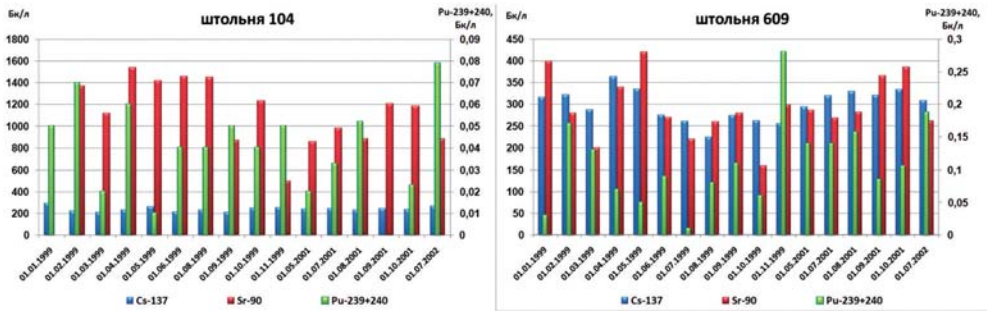
10-Сурет. «Дегелең» алаңы. Штольня суларының мониторингі

Штольня суларының радионуклидті мониторинг кестелері бойынша ^{3}H аса көп тиесілі белсенділігі № 177 штольняда бақылаудың барлық кезеңінде сақталатыны, ал максималды шоғырлану 1997 ж. байқалған – 1900 кБк/л. Ұқсас көрініс ^{137}Cs үшін де байқалатыны, оның аса аз тиесілі белсенділігі № 504 штольняда 1999 ж. байқалатыны – 1100 Бк/л екені көрінеді. ^{90}Sr (2100 Бк/л) максималды шоғырлануы № 177 штольнядан шыққан суда 2004 ж. байқалған.

Штольня суларының мониторингі бойынша ұсынылған деректер Дегелең таулы массиві су ортасының радиоактивті ластану процесі осы уақытқа дейін жалғасуда және салыстырмалы тұрақты сипатқа ие [7, 13].

Дегелең таулы массиві штольня суларына құйылатын жасанды радионуклидтер ($^{239+240}Pu$, ^{90}Sr, ^{137}Cs) деңгейін зерттеудің біраз мақсаты болды, оның ішіндегі ең маңыздысы маусымдық түрлендірмелерді табу және анықтау болды. Ремедиациялық шаралардың тиімділігін бағалау, яғни, штольнялардың біраз бөлігі жабылғаннан кейінгі ластану деңгейін бағалау басқа мақсат болып табылады. Көп немесе аз реттелген мотинторинг және бұл оңай емес нысанның радиоэкологиялық қалпына бақылау жүргізілген жұмыстардың маңызды бөлімі болып табылады.

Дегелең штольнялары ағып жатқан суындағы радионуклидтердің құрамын есепке ала отырып, 13 штольняда су мөлшерінің аса жоғары деңгейімен бірге болжамды маусымдық өзгерістерді аса мұқият бақылау жүргізілген болатын. Штольня суларындағы радионуклидтер құрамы динамикасының жалпы сипаты суретте берілген (11-сурет).



11-Сурет. Дегелең таулы массиві штольняның суларының мониторинг нәтижелері

6-кестеде 1999–2002 жж. кезеңіндегі Дегелең таулы массиві штольня суларының мониторинг нәтижелері жинақталған. Мониторингіленетін штольнялардың барлығына арналған радионуклидті құрам және ластану деңгейі әр түрлі, алайда осы мөлшерлердің салыстырмалы тұрақтылығы жалпы қасиеті болып қалады. ^{137}Cs шоғырлануының анық көрінетін құбылулары №№ 11 және 165 штольняларда бар, ^{90}Sr – №№ 104 және 165 штольняларда, $^{239+240}$Pu – № 504 штольняда бар. Барлық талданатын радионуклидтердің максималды және минималды мәндер арасындағы көрінетін тербелу шегі № 177 штольняға тән.

6-Кесте

Дегелең таулы массиві штольнялардың мониторингі нәтижелері (min-max / орташа)

Штольня №	^{137}Cs, Бк/л	^{90}Sr, Бк/л	$^{239+240}$Pu, Бк/л	^{3}H, кБк/л
104	(210 – 290) / 240	(500 – 1540) / 1120	(0,01 - 0,08) / 0,04	(0,6 – 305) / 210
11	(27 – 400) / 110	(220 – 350) / 290	(0,03 - 0,15) / 0,1	-
143	(0,3 – 4) / 1.4	(150 – 310) / 220	(0,008 - 0,03) / 0,01	-
156	(0,2 – 8) / 3	(130 – 175) / 150	(0,006 - 0,13) / 0,05	(6 – 140) / 23
165	(1,2 – 360) / 260	(120 – 1700) / 1080	(0,004 - 0,09) / 0,02	(50 – 440) / 230
176	(80 – 100) / 90	(187 – 260) / 210	(0,004 - 0,03) / 0,01	(30 – 710) / 370
177	(0,8 – 610) / 50	(620 – 1650) / 970	(0,11 – 12) / 3,7	(160 – 1430) / 430
503	(170 – 180) / 175	(147 – 200) / 160	(2 - 5,6) / 4	(75 – 310) / 140
504	(590 – 755) / 690	(800 – 1160) / 920	(0,01 - 0,4) / 0,13	(20 – 520) / 240
506	(0,4 – 17) / 4	(160 – 225) / 180	(0,004 - 0,02) / 0,01	(50 – 135) / 100
511	(117 – 140) / 130	(240 – 350) / 280	(0,06 - 0,1) / 0,08	(40 – 320) / 160
609	(220 – 360) / 300	(160 – 420) / 290	(0,01 - 0,3) / 0,11	(3 – 165) / 20
802	(0,2 – 14) / 4	(45 – 70) / 55	(0,003 - 0,013) / 0,01	(65 – 185) / 120

Кестелік нәтижелерді (1999–2002 жж.) және көп жылғы мониторинг нәтижелерін (1999–2008 жж.) салыстыру кезінде ластану сипатының уақыт өте келе өзгермейтіні көрінді. Басқа сөздермен айтқанда, алынған нәтижелер талдамасы ^{137}Cs, ^{90}Sr және $^{239+240}$Pu шоғырлануларының маңызды маусымдық құбылулары анықталған, ал деңгейлердің бақыланған құбылулар нуклидтердің судағы физика-химиялық касиеттерінің тұрақсыздығымен түсіндірілуі мүмкін.

Негізгі доза түзуші техногенді радионуклидтерден басқа штольня суларында ^{99}Tc және ^{36}Cl сияқты радионуклидтер анықталды. Олардың су сынамаларындағы шоғырлануын анықтау бойынша зертханалық талдама нәтижелері 7-кестеде берілген.

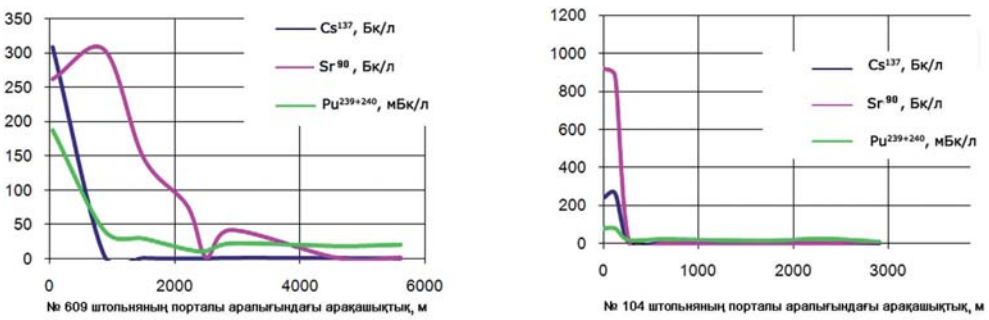
7-Кесте

^{99}Tc су сынамаларындағы құрамы

N р/р	Іріктеп алу орны	Нысан	^{99}Tc		^{36}Cl
			нг/л	мБк/л	Бк/л
1	Дегелең	165 штольня	0,054 ± 0,027	34±17	0.25 ± 0.05
2	Дегелең	511 штольня	< 0,003	<2	
3	Дегелең	504 штольня	< 0,003	<2	0.21 ± 0.05
4	Дегелең	503 штольня	< 0,003	<2	0.37 ± 0.09
5	Дегелең	176 штольня	0,013 ± 0,007	8,2±4,1	0.32 ± 0.08
6	Дегелең	609 штольня	0,035 ± 0,017	22,0±11,0	
7	Дегелең	104 штольня	0,21 ± 0,10	130,0±65,0	0.31 ± 0.04
8	Дегелең	177 штольня	0,18 ± 0,09	112,0±56,0	
9	Дегелең	385 штольня			0.25 ± 0.13
10	Курчатов	Ертіс өз.	< 0,003	<2	

7-кестеде ұсынылған мәндер бойынша штольня суларындағы ^{99}Tc шоғырлануы мәндердің кең аралығында өзгереді <2-ден 130 мБк/л дейін. 130 мБк/л жететін максималды шоғырлану 104 штольняда бекітілген. Штольня суларында ^{36}Cl бар екендігі анықталды, бұл кезде оның шоғырлануы 0,4 Бк/л аспайды, бұл, әрине, қауіпсіз деңгей болып табылады, алайда оның бар болу фактісі маңызды, өйткені бұл көрсеткіш жылыстау процестерінің индикаторы ретінде қолданылуы мүмкін.

Жербеткі су ағындарындағы техногенді радионуклидтердің жылыстау қасиеттерін зерттеу үшін штольня порталдарынан түрлі қашықтықта су сынамалары іріктеп алынды. Зертханалық талдама нәтижелері келесі көріністі көрсетті – ^{137}Cs және ^{90}Sr судағы аса көп шоғырлануы ағындардың штольнядан шығар жерінде байқалады. Штольнялардан алыстаған сайын аталған радионуклидтердің құрамы төмендейді. 12-суретте берілген кестеде көрсетілгендей, $^{239+240}$Pu, ^{137}Cs және ^{90}Sr судағы аса көп шоғырлануы штольня порталдарына жақын байқалады.



12-Сурет. Радионуклидтер құрамының штольня порталдарына дейінгі арақашықтықтан бағыныштылық кестесі

Порталдардан алыстаған сайын радионуклидтердің шоғырлануының азаюы, бәлкім, радиоактивті бөлшектердің сіңіру немесе тұну есебінен шығар. Алайда радионуклидтердің бір бөлігі, еріген немесе калоидті қалыпта алыс қашықтыққа жылыстауы мүмкін. ^{90}Sr өзендер арнасы бойымен судан да алысқа кетеді [1].

Сонымен, техногенді радионуклидтердің түп шөгінділерімен байланыста болған су ортасындағы жылыстау қасиетіне қатысты мынадай көрініс байқалады $^{3}H > ^{90}Sr > ^{137}Cs > ^{239+240}Pu$. Біршама қашықтықтағы (тіпті көп) барлық радионуклидтердің шоғырлануы тұрғындар үшін сумен түскен кездегі араласу деңгейіне қарағанда төмен болады [14] және бұл суларды шаруашылық қажетке пайдалануға болады.

Өзендер. Ұзынбұлақ, Қарабұлақ және Байтілес негізгі су ағындарының олардың Дегелең тауынан тыс жерлеріне шыққандағы телімдердегі жербеткі суларындағы техногенді радионуклидтердің құрамы мен су ағындары мөлшерін зерттеу нәтижелері келесі көріністі көрсетті. Әдеттегідей, жылдың 1 кварталында судың жербеткі ағыны төмен ауа температурасына байланысты жоқ болады. Сәуірде Байтілес бұлағы және Қарабұлақ бұлағының оң ағыны аға бастайды.

Аса тұрақты жербеткі су ағыны бары Ұзынбұлақ бұлағы, ондағы ағынның максималды қарқындылығы қар еруіне және атмосфералық жауын-шашындарға байланысты мамыр-маусымда байқалады (8-кесте).

8-Кесте

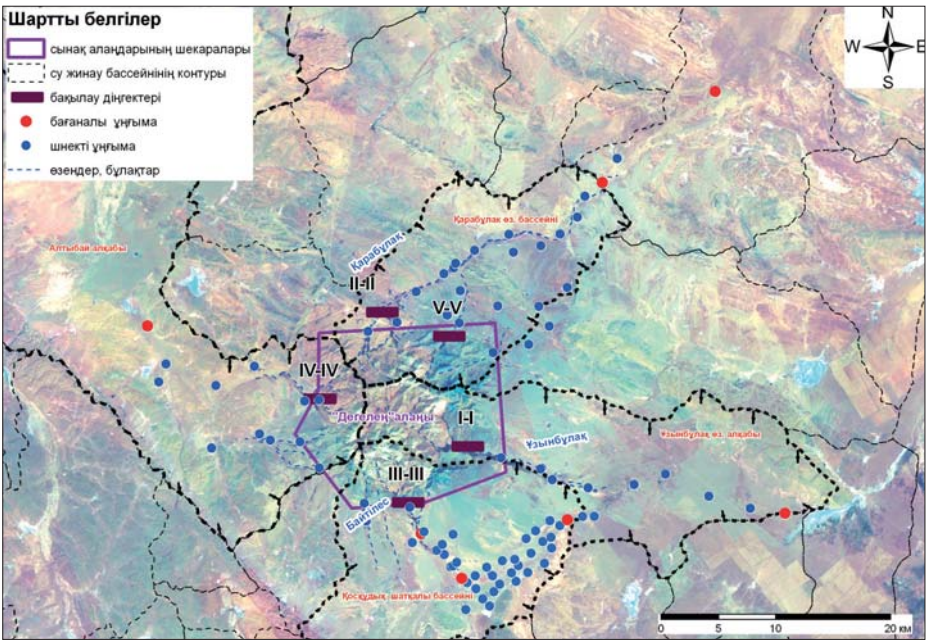
Жербеткі ағындардағы радионуклидтердің құрамы

№ р\р	Іріктеп алу орны	Күні, айы, жылы	Мөлшер, л/мин	Радионуклидтердің тиесілі белсенділігі	
				^{137}Cs, Бк/л	^{3}H, кБк/л
1	Ұзынбұлақ бұлағы	04.2001 06.2001 10.2001 06.2002	14276 3103 2948 459	<2 деректер жоқ 5±2 <2	108±7 91±8,4 173±14 108±9
2	Байтілес бұлағы	04.2001 03.2002	3000 105	3,5±1,9 <2	130±11 142±12
3	Қарабұлақ бұлағының оң ағыны	04.2001 03.2002	1588 1688	6,6±2 <2	86±8 57±6

8-кестеде берілгендей, ағындары ағып тұрған кездегі өзендер ^{3}H қарқынды ластануын әкеледі. ^{3}H құрамы аса жоғарысы - бастауын Дегелең тауларының оңтүстік баурайларында алатын Байтілес бұлағының сулары және телімдегі су жинайтын ең үлкен ауқымы бар Ұзынбұлақ бұлағының сулары. ^{137}Cs пайда болуы анда-санда және ауыз суға арналған рауалы мәндерден төмен мөлшерде. Суда ^{137}Cs болмауы, бәлкім, оның тұнбасы болуы мүмкін аллювиалды шөгінділердегі лай және саз бөлшектердің жоғары сіңіргіштік қасиеттеріне қарыздар [7].

2. РАДИОНУКЛИДТЕРДІҢ ДЕГЕЛЕҢ ТАУЛЫ МАССИВІНЕН ТЫС ЖЫЛЫСТАУЫ

1999 ж. радионуклидтердің таулы массивтен тыс су ортасындағы параметрлерін бекіту мақсатында зерттеулер басталған болатын. Жерасты суларының сипаттамалары үшін барлық негізгі алқаптарда таулардан түрлі бағыттарда шығатын гидрогеологиялық ұңғымалар бұрғыланған болатын (13-сурет).



13-Сурет. Дегелең таулы массиві. Негізгі алқаптардың орналасу сұлбасы

Аталған тарауда Ұзынбұлақ, Байтілес, Қарабұлақ және Алтыбай телімдеріндегі жерасты суларының радиоэкологиялық зерттеу нәтижелері қарастырылады.

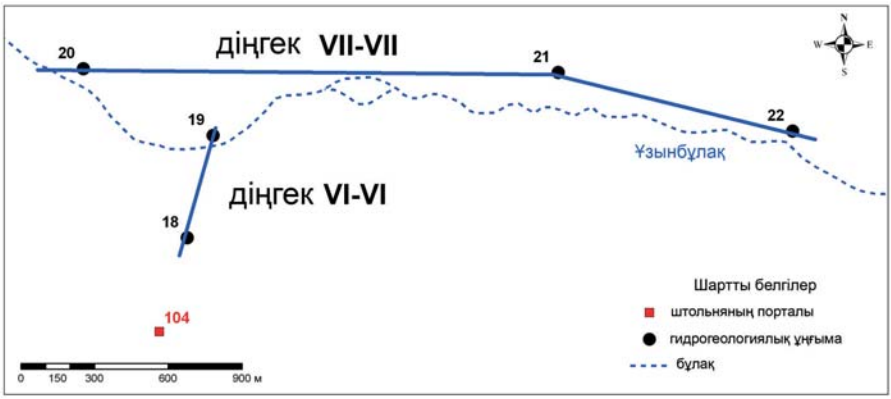
2.1. Ұзынбұлақ бұлағы телімі

2.1.1. Ұзынбұлақ бұлағы алқабының гидрогеологиялық жағдайлары

Қолда бар деректер бойынша Ұзынбұлақ бұлағы алқабы Дегелең массивінің су күретамыры, және, тиісінше, ЖЯЖ радиоактивті өнімдері жылыстауының негізгі каналы болып табылады. Осыған байланысты, жерасты суларының радиоактивті ластануын аса жан-жақты зерттеулері Ұзынбұлақ бұлағы алқабында жүргізілді.

Дегелең таулы массивінің ішіндегі Ұзынбұлақ алқабының телімі

Дегелең таулы массивінің ішіндегі Ұзынбұлақ алқабындағы саңылаулы сулардың жағдайын зерттеу үшін бұрғыланған ұңғымалардың орналасу сұлбасы 14-суретте көрсетілген.



14-Сурет. 104 штольня ауданындағы гидрогеологиялық ұңғымалардың орналасу сұлбасы

Аталған жұмыстың негізгі мақсаты - жерасты суларының радионуклидті ластану процесіне штольня суларының болжамды үлесін зерттеу. 104 штольня ауданында 14-суретте көрсетілген екі гидрогеологиялық бақылау диңгектері жабдықталған. 104 штольня мен Ұзынбұлақ бұлағы арнасының арасындағы телімдегі су ағынын зерттеу VI-VI диңгектегі ұңғымалардың негізгі мақсаты болып табылады. Мұнда өзен бағытында жылыстайтын топырақ суларын ашатын 18 және 19 гидрогеологиялық ұңғымалар бұрғыланған. 18 ұңғыма 104 штольнядан Ұзынбұлақ алқабына су тасымалдайтын жыралардың шығар жерінде орналасқан. Бұл жерде штольнядан аққан ағынмен лайланған телім аяқталады және су жерасты жолымен аллювиалды-пролювиалды шөгінділерге ауысады. 19 ұңғыма осы ағынның Ұзынбұлақ алқабы топырақ суларымен буындасу маңында орналасқан. VII-VII диңгек Ұзынбұлақ бұлағы арнасы бойымен, «Дегелең» телімінің ауқымды су жинайтыны бар ең ірі алқабындағы топырақ суларының жағдайын зерттеу мақсатында орналасқан. Диңгекте 3 ұңғыма бұрғыланған: 20, 21 және 22 ұңғыма. 20 – ұңғыма 19 – ұңғымадан шамамен 700 м-де алқап бойынша жоғары бұрғыланған. Ол 104 штольнядан жерасты ағынның түсуінен жоғары топырақ суларының ластануын бағалау үшін бұрғыланған. 21 және 22 ұңғыма 104 штольня жағынан бүйір ағынның түсуінен алқап бойынша төмен тиісінше 1,2 және 2,2 км-де орналасқан.

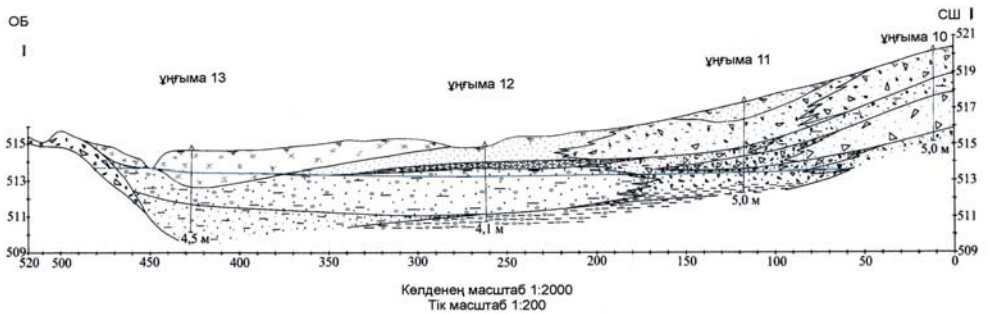
Топырақ суларын ашатын ұңғымалардың тереңдігі 4,2 м аспайды. Қиманың жоғарғы бөлігінде сулы құмдақ төселген топырақ-өсімдік қабаты жатыр. 1,4–2,5 м төменде ұсақ тасы бар құм жатыр. Топырақ суларының деңгейі 0,6–1,9 м тереңдікте орналасқан. Ұңғымалар бойынша деректер 9-кестеде берілген.

9-Кесте

Гидрогеологиялық ұңғымалар параметрлері

Диңгек нөмірі, бұлақ атауы	Ұңғыма нөмірі	Ұңғыма тереңдігі, м	Топырақасты суларының деңгейі, м
VI-VI, Ұзынбұлақ бұл.	19	4,0	1,9
	18	4,2	1,1
VII-VII, Ұзынбұлақ бұл.	20	4,0	1,1
	21	3,8	0,6
	22	3,2	0,6

Ұзынбұлақ алқабының Дегелең таулы массивінен тыс шығу телімі. Саңылаулы сулардың жағдайын зерттеу үшін Ұзынбұлақ алқабының Дегелең таулы массивінен тыс шығу телімінде төрт: 10, 11, 12 және 13 ұңғымадан тұратын I-I диңгек жабдықталған, олардың ішіндегі үшеуі топырақ суларын ашқан (15-сурет).



15-Сурет. Ұзынбұлақ бұлағы. I-I диңгек бойынша геологиялық қима

I-I диңгек Ұзынбұлақ бұлағы алқабында, 104 штольнядан шығысқа қарай 2,5 км-де орналасқан (14-сурет). Диңгек солтүстік-батысқа 10^0 бағытталған. Диңгек ұзындығы 520 м. Ұңғымалар туралы негізгі мәліметтер 10-кестеде берілген.

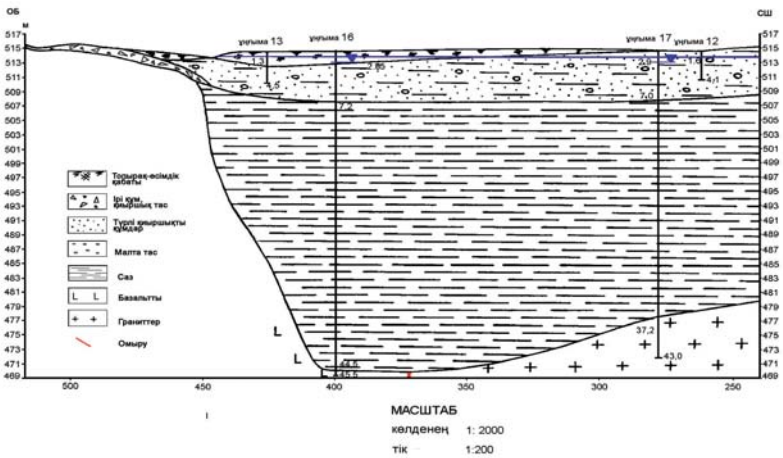
10-Кесте

Гидрогеологиялық ұңғымалар туралы мәліметтер

Диңгек нөмірі, өзен атауы	Ұңғыма нөмірі	Ұңғыма тереңдігі, м	Топырақасты суларының деңгейі, м
I-I, Ұзынбұлақ бұл.	10	5,0	сусыз
	11	5,0	3,8
	12	4,1	1,6
	13	4,5	1,3
	16	45,5	2,85
	17	43,0	2,9

Өзеннің жербеткі суларымен байланысқан сулы көкжиек құмды толтырулары бар қой тасты-малта тасты және малта тасты шөгінділермен берілген. Қима бойынша төменде топырақасты саңылаулы суларды сызатты сулардың аймақтық бассейнінен бөлетін суға төзімді неоген саздары жатыр.

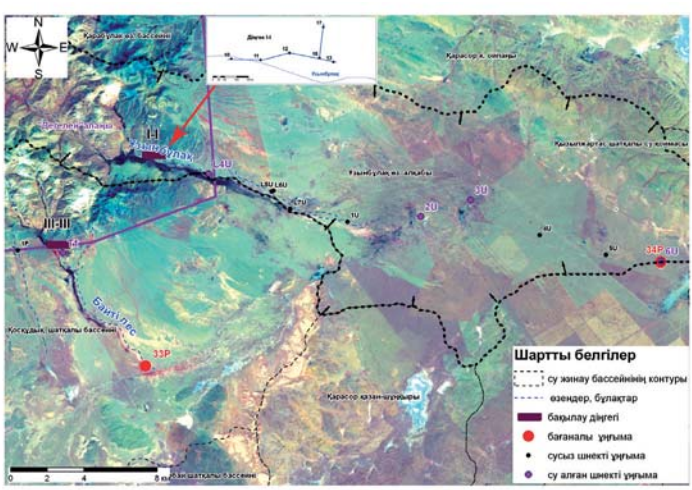
I-I диңгек ауданында қимада топырақасты суларын сызатты сулар көкжиегінен аулақтандыратын суға төзімді саздар бар екенін атап өту керек. Жерасты саңылаулы және сызатты сулардағы техногенді радионуклидтердің таралу ерекшеліктерін зерттеу үшін I-I диңгекте 16 және 17 гидрогеологиялық ұңғымалар бұрғыланды (16-сурет).



16-Сурет. 16 және 17 ұңғымалар діңгегі бойынша геологиялық қима

Саңылаулы топырақасты сулар көкжиегі отырғызылған тұрбамен 8 м тереңдікке дейін оқшауланған. Ұңғымалар бойынша саздардың қуаты 30–37,3 м құрады. Топырақасты сулардың деңгейі 2,85–2,9 м белгіде бекітілді. Қысымды сызатты сулардың пьезометриялық деңгейі топырақасты суларының деңгейінен 1,3 – 1,55 м төмен орналасқан. Палеозойлық іргетастың жерге аса кірілген телімі бойымен сол қапталдың граниттерін Ұзынбұлақ алқабы оң қапталы базальтынан бөліп тұрған омырылу аймағы байқалады. Сондықтан сулы көкжиек сыятын жыныстардың түрлі құрамы бар.

Дегелең таулы массиві шекарасынан тыс Ұзынбұлақ микробассейн шегіндегі саңылаулы сулардың жағдайын зерттеу үшін 6 шнекті ұңғыма (1U, 2U, 3U, 4U, 5U, 6U) және сызатты сулардың жағдайын зерттеу үшін бір бағаналы ұңғыма (34P) бұрғыланды (17-сурет).



17-Сурет. «Дегелең» алаңы. Ұзынбұлақ микробассейн ауданындағы ұңғымалардың орналасу сұлбасы

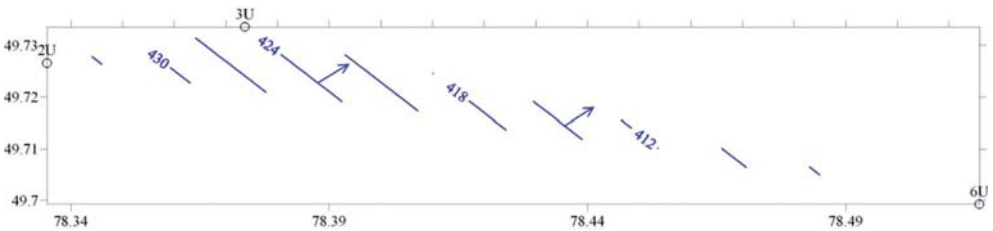
Гидрогеологиялық жағдайларды зерттеу үшін бұрғыланған 6 ұңғыма туралы мәліметтер 11-кестеде берілген.

11-Кесте

Дегелең таулы массиві. Микробассейндердің гидрогеологиялық жағдайларын зерттеу үшін бұрғыланған ұңғымалар

№ р/р	Ұңғыма нөмірі	Координаттары		Ұңғыма тереңдігі, м	Топырақасты суларының деңгейі, м
		СЕ	ШБ		
1	1U	49° 43' 30,9"	78° 16' 50,0"	15,0	сусыз
2	2U	49° 43' 34,7"	78° 20' 10,1"	5,0	3,5
3	3U	49° 44' 0,0"	78° 22' 28,0"	4,7	3,0
4	4U	49° 42' 52,2"	78° 25' 32,6"	15,0	сусыз
5	5U	49° 42' 12,0"	78° 28' 30,2"	15,0	сусыз
6	6U	49° 41' 56,3"	78° 30' 59,9"	6,0	2,7
7	34Р	49° 41' 53,89"	78° 31' 1,62"	52,0	2,0

Жүргізілген жұмыс нәтижелері бойынша сызатты сулардың сулы көкжиек гидроизогипс картасы құрылды (18-сурет).



Сызық – жерасты суларының қозғалыс бағыты

18-Сурет. Ұзынбұлақ теліндегі сызатты сулардың сулы көкжиек гидроизогипс карталары

Гидроизогипс картасының талдамасы Ұзынбұлақ микробассейніндегі жерасты сулары оңтүстік-шығыс бағытта сүзгіленетінін көрсетеді. Ширек шөгінділердің сулы көкжиегін сынау үшін 6 шнекті ұңғымалардың ішіндегі 3 су шыққан ұңғымасында су құюды жүргізуге арналған тәжірибелік-сүзгілеу жұмыстары (ТСЖ) жүргізілді. Су құю тұрақты мөлшері (Q = const) болған кезде жүргізілді (Q = const). Су құю нәтижелері бойынша сүзгілеу (*K*) және тиесілі су сіңіру (*q*) коэффициентін есептеу орындалды. ТСЖ нәтижелері 12-кестеде берілген.

12-Кесте

«Дегелең» алаңы. Ұңғымаларға су құю нәтижелері бойынша сүзгілеу параметрлері

№ р/р	Ұңғыма нөмірі	К, м/тәул.	Q, м^3/сағ.	q, м^3/сағ.
1	3U	0,10	0,10	0,02
2	6U	0,06	0,07	0,09

Сүзгілегіш сипаттамалары бойынша сусіңіргіш жыныстарды әлсіз сіңіргіш деп, ал 6U ұңғымасын – тіпті әлсіз сіңіргіш деп жіктеуге болады (К>0.1 м/тәулік) [6].

Сонымен, Ұзынбұлақ бұлағы шегінде тараған жерасты суларының гидрогеологиялық зерттеу нәтижелері келесідей суреттемені көрсетті:

- Ұзынбұлақ бұлағы шегінде жерасты суларының екі типі тараған – саңылаулы сулар және сызатты сулар;
- саңылаулы сулардың сулы көкжиегі құмды толтыруы бар қой тасты-малта тас және қиыршық тас шөгінділермен берілген, сызатты сулар граниттерде, базальттарда және алевролиттарда тараған;
- саңылаулы сулар сызатты сулардан қуаты 40 м жететін сазды шөгінділермен оқшауланған;
- Дегелең таулы массиві ішіндегі топырақасты суларының деңгейі 0,6-дан 2,0 м дейінгі тереңдікте орналасқан таулы төңіректен тыс шығар кезде 3,0 м дейін төмендейді;
- I-I діңгек шегіндегі сызатты сулардың деңгейі таулы төңіректен тыс 4,5 м дейінгі тереңдікте 34Р ұңғымада 2 м тереңдікте орналасқан;
- Ұзынбұлақ микробассейніндегі жерасты сулары оңтүстік-шығыс бағытта сүзіледі. Сүзілу сипаттамалары бойынша су сіңіргіш жыныстарды әлсіз сіңіргіш, тіпті әлсіз сіңіргіш деп жіктеуге болады.

2.1.2. Ұзынбұлақ бұлағы теліміндегі жерасты суларының радионуклидті ластануы

13-кестеде ұңғымалардан іріктеп алынатын жерасты суларының зертханалық нәтижелері ұсынылған

13-Кесте

«Дегелең» телімі. Жерасты сулары сынамаларының зертханалық талдама нәтижелері

Ұңғыма нөмірі	^{137}Cs, Бк/кг	^{90}Sr, Бк/кг	$^{239+240}$Pu, Бк/кг	^{3}H, кБк/кг
13 (I-I діңгек)	<2	*	*	130±12
18 (VI-VI діңгек)	<2	*	*	185±17
19 (VI-VI діңгек)	<2	*	*	80±7
21 (VII-VII діңгек)	<2	*	*	140±45
22 (VII-VII діңгек)	<2	*	*	105±9
16 (I-I діңгек)	<2	*	*	40±4
17 (I-I діңгек)	<2	*	*	*
L4U	<0,05	3,00±0,03	0,72±0,02	51±5,1
2U	<0,01	<0,01	0,03	2,2±0,22
3U	<0,01	<0,01	0,05	0,045±0,007
6U	<0,05	2,5±0,2	<0,001	23±2,3
34Р	<0,02	<0,01	*	0,06±0,01
* - өлшеулер жүргізілген жоқ				

104 штольня ауданының саңылаулы суларындағы техногенді радионуклидтердің таралу сипатын зерттеу келесі суреттемені көрсетті. 104 штольнямен бір жырада орналасқан 18 ұңғыманың топырақасты суларындағы ^{3}H құрамы штольнядан шыққан ағындағы оның құрамына ұқсас. Егер сондай-ақ осы сулардың химиялық құрамының сәйкестігін есепке алсақ, онда 104 штольнядан шыққан ағын 18 ұңғымадағы

топырақасты суларының негізгі көзі болып табылады деп болжауға болады. Штольнядан шыққан ағындағы құрамы 190-нан 230 Бк/л дейін құраса да, 18 ұңғыма суында ^{137}Cs жоқ болуы айырықша болып табылады. Штольня ағындарынан аққан су сүзілетін шөгінділердің жоғары сіңіргіштігі осы құбылыстың түсіндірмесі бола алады. Қоршаған ортаның штольнядан шыққан ^{137}Cs ағындарымен ластануының таралуы портал алдындағы жақын аймақта тоқтайды деп болжауға болады.

18 ұңғымаға қарсы алқаптың орталық бөлігінде орналасқан 19 ұңғымадағы ^{3}H аз ластанған. Бұл су алқаптың бастауынан түсетін топырақасты суларын сипаттайды. Алқап бойынша төмен ^{3}H құрамының топырақасты суларындағы ұлғаюы байқалады, әсіресе 21 ұңғыма телімінде. Мұнда қапталында 10 штольня, соның ішінде 802, 195, 196 және 203 штольнялар орналасқан сол ағынның түсуі жүзеге асады. 802 штольнядан аққан жербеткі ағын осы уақытқа дейін оқтын-оқтын пайда болады. Қалған аталған штольняларда жербеткі ағындар тек штольняларды жапқанға дейін ғана байқалды. Осы ағындардың суларында ^{3}H қарқынды ластануы бар. Топырақасты суларындағы ^{3}H құрамы I-I діңгекке жақындаған сайын біраз төмендейді және Ұзынбұлақ бұлағы жербеткі ағынындағы ^{3}H құрамына тең болады.

Дегелең тауынан тыс шығатын жерасты сулары ағынында топырақасты суларындағы ^{137}Cs құрамы максималды рауалы белсенділік (МРБ) деңгейінде болады. Жерасты суларындағы ^{3}H шоғырлануы 7700 Бк/л тең, тұрғындар үшін сумен түскен кездегі араласу деңгейінен көп асады және 130 кБк/л жетеді. Ол кезде аталған телімде, неоген саздарының астында (16 және 17 ұңғымалар) ашылған жерасты суларында ^{3}H 10-нан 40 кБк/л дейін болады, бұл Дегелеңнің белгілі суларына қарағанда төмен болып табылады. Бәрінен бұрын, бұл телімнің суы әлсіз айналымымен және тоқырау құбылыстарының бар болуымен сипатталады.

Ұзынбұлақ бұлағы алқабы бойынша Дегелең таулы массивінен тыс жерасты сулары ағынымен техногенді радионуклидтердің шығу сипатын зерттеу бойынша көрсеткендей, жерасты суларының барлық зерттелген сынамаларындағы ^{137}Cs құрамы МРБ төмен болды. ^{90}Sr сандық мәндері тек 6U (2,5 Бк/кг) ұңғымаларында және L4U (3,0 Бк/кг) ұңғымада табылған. Бәрінен бұрын, аталған ұңғымаларда ^{90}Sr болуы оның Дегелең таулы массиві шегінде орналасқанына байланысты, мұнда аталған радионуклидтердің бар болуы жерасты суларына тән.

$^{239+240}Pu$ болуы үш ұңғымада тіркелді: 3U, 2U және L4U, құрамы 0,03-тен 0,7 Бк/кг дейін. $^{239+240}Pu$ жоғары құрамы, бәрінен бұрын, аталған ұңғыманың «Дегелең» алаңындағы ЖЯЖ жүргізу орындарына жақындығына байланысты. Аталған факт қайта тексеруді және жан-жақты зерттеуді талап ететіндігіне байланысты Дегелең таулы массивінің жерасты суларында $^{239+240}Pu$ болуы тән емес екендігін атап өту керек.

^{3}H жерасты суларының радиоактивті негізгі ластаушысы болып табылады. Негізгі арна шегінің топырақасты суларындағы ^{3}H шоғырлануы 185-тен 23 кБк/л дейін өзгерді. ^{3}H шоғырлануының жалпы төмендеу аясында 3U (0,045 кБк/кг) ұңғымадан оның шоғырлануының 6U (23 кБк/кг) ұңғымаға қарай біршама жоғарылауы байқалады. Мұндай қалыпты түсіндірудің екі себебі бар. Техногенді радионуклидтердің жерасты суларымен бірге Ұзынбұлақ бұлағы бойымен жылыстауының, басқа зерттеліп жатқан бағыттардағы (Қарабұлақ, Алтыбай) сияқты арқаулы (тор тәріздес) сипаты бар болуы мүмкін. Мұндай кездегі радионуклидтер шоғырлануының мәндері бір бағытта ондаған рет және одан көп өзгеруі мүмкін. ^{90}Sr және ^{3}H шоғырлануының күрт жоғарылауының

басқа себебі - «Телкем» алаңынан ластанған жерасты суларының кіші ағынының әсерінен болуы мүмкін, өйткені 6U ұңғыма «Телкем-2» экскавациялық ядролық жарылыстардың эпиорталығынан 4,5 км ғана қашықтықта орналасқан.

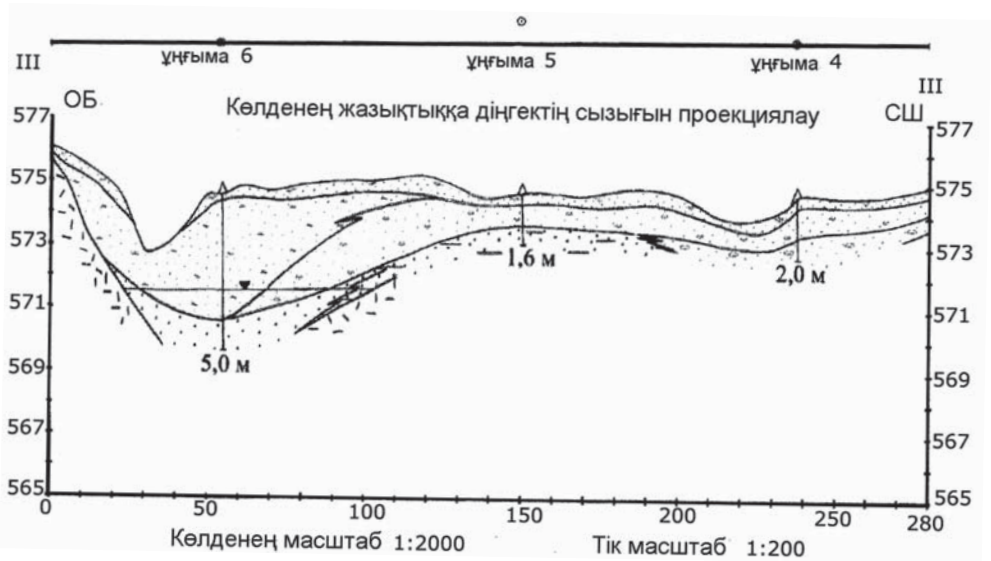
Шнекті бұрғылау кезінде алынған деректер талдамасының нәтижелері бойынша Ұзынбұлақ телімінде 34Р бір гидрогеологиялық ұңғыма жабдықталған. Сызатты жерасты сулары ұңғымамен ашылған. Жерасты сызатты суларындағы ^{3}Н шоғырлану мәні (0,06 кБк/л) саңылаулы сулардағыға қарағанда бұл нүктеде көп төмен (23 кБк/л), бұл осы телімдегі сулардың аталған типтерінің арасындағы байланыстың жоқтығы туралы айтады [7, 8].

2.2. Байтілес бұлағы телімі

2.2.1. Байтілес бұлағы телімінің гидрогеологиялық жағдайлары

Байтілес бұлағы алқабы Дегелең таулы массивінің оңтүстік-шығыс бөлігінде орналасқан. Байтілес бұлағының арнасы Дегелең тауларынан 10 км аса қашықтықта байқалады. Өзеннің жербеткі сулары маусымдық сипатты.

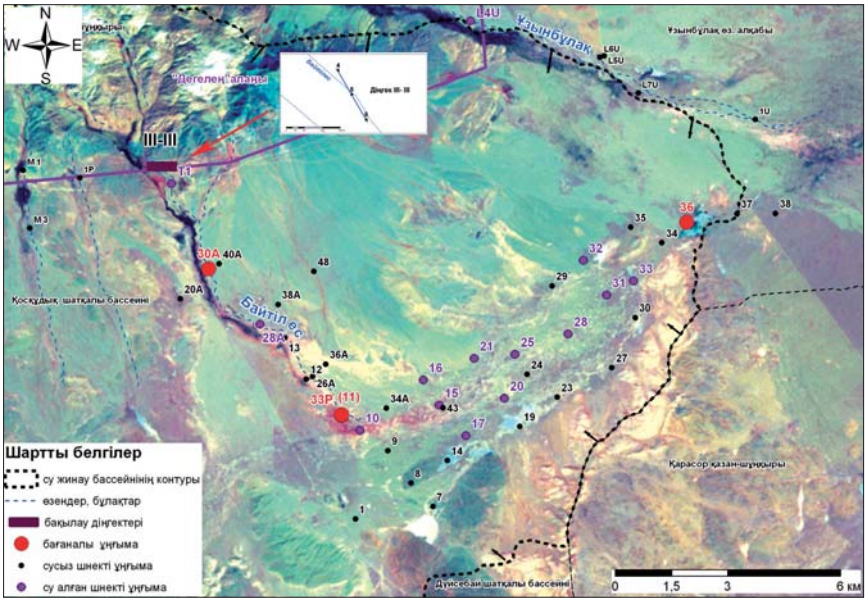
Дегелең таулы массивінен тыс жерлерге шығатын саңылаулы сулардың жағдайын зерттеу үшін үш: 4,5 және 6 ұңғымадан тұратын III-III діңгек жабдықталды (19-сурет).



19-Сурет. Байтілес бұлағы. III-III діңгек бойынша геологиялық қима

III-III діңгек Байтілес бұлағы алқабында, 609 штольнядан оңтүстікке қарай 4 км-де орналасқан. Діңгек бағыты – солтүстік-шығыс 55^{0}, діңгек ұзындығы 280 м. Алқап арнасы қимада жақсы көрінген және қапталдың оңтүстік-батыс жағына ығысқан. Арнадағы аллювиалды шөгінділер қуаты 5 м (6 ұңғыма) асады, топырақасты сулары 3 м тереңдікте жатыр. Аллювиалды шөгінділер сулы саз бен құмдармен берілген. 4 және 5 ұңғымалар қой тасты-кесек шөгінділерді ашты. Топырақасты сулары мұнда жоқ.

Байтілес бұлағы шектерінде, Қоскұдық шатқалында тараған жерасты суларының жағдайын зерттеу үшін 6 м дейін тереңдіктегі 40 шнекті ұңғыма бұрғыланды (20-сурет). Саңылаулы сулардың ұзақ мерзімді мониторинг үшін үш бақылау ұңғымасы (11, 30А, 36) және сызатты сулардың жағдайын зерттеу үшін бір бағаналы ұңғыма (33Р) жабдықталған. Бұрғыланған ұңғымалардың саға координаттары және олардың сулы болып табылғандағы топырақасты суларының деңгейін анықтаудың нәтижелері 14-кестеде келтірілген.



20-Сурет. Байтілес бұлағының алқабы. Ұңғымалардың орналасу сұлбасы

14-Кесте

Байтілес телімі. Гидрологиялық ұңғымалар туралы негізгі мәліметтер

№ р/р	Ұңғыма нөмірі	Координаттары		Топырақасты суларының деңгейі, м
		СЕ	ШБ	
1	20А	78° 03' 55,6"	49° 41' 17,1"	сусыз
2	30А	78° 04' 34,7"	49° 41' 41,8"	2,1
3	40А	78° 04' 48,7"	49° 41' 46,0"	сусыз
4	28А	78° 05' 39,8"	49° 40' 52,7"	2,1
5	38А	78° 06' 05,0"	49° 41' 08,8"	сусыз
6	48	78° 06' 54,4"	49° 41' 36,0"	сусыз
7	13	78° 06' 11,9"	49° 40' 40,1"	сусыз
8	26А	78° 06' 47,0"	49° 40' 06,0"	сусыз
9	36А	78° 07' 05,0"	49° 40' 16,1"	сусыз
10	12	78° 06' 38,4"	49° 40' 03,9"	сусыз
11	11	78° 07' 23,2"	49° 39' 31,7"	3,15
12	10	78° 07' 46,6"	49° 39' 17,9"	2,5

№ р/р	Ұңғыма нөмірі	Координаттары		Топырақасты суларының деңгейі, м
		СЕ	ШБ	
13	34А	78° 08' 23,2"	49° 39' 35,9"	сусыз
14	16	78° 09' 13,6"	49° 39' 58,9"	5,4
15	21	78° 10' 22,6"	49° 40' 15,7"	3
16	29	78° 12' 10,1"	49° 41' 14,9"	сусыз
17	32	78° 12' 53,1"	49° 41' 35,8"	2,8
18	35	78° 13' 57,9"	49° 42' 02,5"	сусыз
19	9	78° 08' 22,9"	49° 38' 59,3"	сусыз
20	15	78° 09' 33,1"	49° 39' 36,4"	2,8
21	43	78° 09' 38,5"	49° 39' 34,2"	сусыз
22	25	78° 11' 16,8"	49° 40' 17,6"	2,5
23	1	78° 07' 36,0"	49° 38' 01,4"	сусыз
24	8	78° 08' 51,9"	49° 38' 30,5"	сусыз
25	14	78° 09' 41,0"	49° 38' 48,5"	сусыз
26	17	78° 10' 07,2"	49° 39' 09,3"	2,25
27	20	78° 11' 00,4"	49° 39' 40,1"	2,35
28	24	78° 11' 31,9"	49° 39' 59,9"	сусыз
29	28	78° 12' 28,7"	49° 40' 33,1"	2,8
30	31	78° 13' 22,3"	49° 41' 05,0"	3,2
31	33	78° 13' 58,5"	49° 41' 15,9"	2,5
32	34	78° 14' 38,5"	49° 41' 47,9"	сусыз
33	36	78° 15' 12,6"	49° 42' 04,6"	1,5
34	37	78° 16' 20,2"	49° 42' 10,3"	сусыз
35	38	78° 17' 11,4"	49° 42' 09,1"	сусыз
36	7	78° 09' 19,4"	49° 38' 09,5"	сусыз
37	19	78° 11' 19,3"	49° 39' 15,4"	сусыз
38	23	78° 12' 10,8"	49° 39' 39,2"	сусыз
39	27	78° 13' 25,1"	49° 40' 02,6"	сусыз
40	30	78° 13' 59,0"	49° 40' 44,8"	сусыз
41	33Р	78° 07' 26,04"	49° 39' 30,73"	4,6

30А ұңғыма Дегелең тауларының етегінде орналасқан, бұл Байтілес бұлағы арнаасты суларына түсетін техногенді радионуклидтердің жалпы санын бақылауға мүмкіндік береді. 11 ұңғыма Байтілес бұлағының алқапқа шығуында бұрғыланған және алқаптық жерасты суларына құятын суларды бақылауға мүмкіндік береді. 36 ұңғыма Байтілес бұлағының суларымен қоректенетін алқаптан Ұзынбұлақ бұлағы алқабына шығарында орналасқан. Бұл бақылау ұңғымасы Ұзынбұлақ бұлағы алқабына түсетін суларды бақылауға мүмкіндік береді. Сонымен, таңдап алынған ұңғымалар радионуклидтердің Байтілес бұлағы алқабы бойымен Қоскұдық шатқалына, ары қарай Ұзынбұлақ бұлағы алқабына түсуін бақылауға мүмкіндік береді.

14-кестеден көрінгендей, сулы көкжиек 41 ұңғыманың ішіндегі 16-сын ашты. Көптеген сусыз ұңғымалар телімнің шетінде орналасқан.

10 ұңғымада құю әдісімен тәжірибелік-сүзгілеу жұмыстары жүргізілген. Есептердің нәтижелері 15-кестеде келтірілген.

15-Кесте

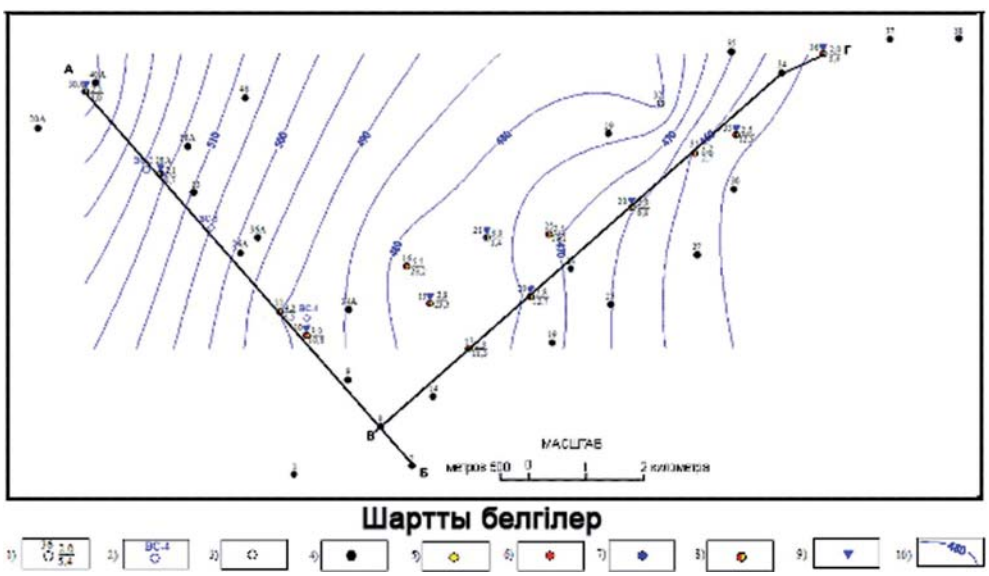
Ұңғымалардағы тәжірибелік-сүзгілеу жұмыстарының нәтижелері

№ р/р	Ұңғыма нөмірі	К, м/тәул.	q, м³/сағ.	№ р/р	Ұңғыма нөмірі	К, м/тәул.	q, м³/сағ.
1	30А	1,2	0,34	6	32	2,0	0,45
2	20	1,4	0,51	7	28	1,6	2,13
3	28А	1,5	0,32	8	15	1,2	3,17
4	21	1,5	0,49	9	10	1,3	0,96
5	36	0,9	0,48	10	33	0,9	0,49

15-кестеден көрінгендей, сүзілу жылдамдығы 0,9–2 м/тәул. шегінде өзгереді, бұл кезде зерттеліп жатқан алаңның солтүстік-батыс және оңтүстік бөлігі үшін ол әр түрлі. Тиесілі су сіңіргіштік мәндері көлемді шашылған: 0,45 м³/сағ-тан (32 ұңғыма) 3,17 м³/сағ-қа дейін (15 ұңғыма).

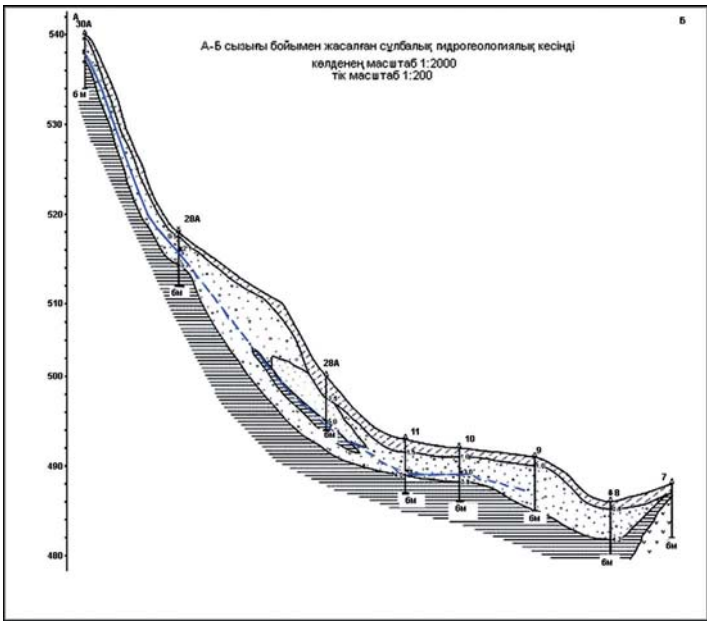
Қолда бар деректерді пайдалана отырып, сұлбалық гидрогеологиялық карта құрылды (21-сурет).

Жерасты сулары жоғарғы ширек қазіргі жастың делювиалды-пролювиалды құмды-қиыршық тасты шөгінділерге орайластырылған. Үстінен сулы көкжиек қазіргі ширек құмдақтармен және саздармен жабылған, төменнен тегістей дерлік болжамды неоген жастағы, ұңғымамен ашылған саңылаулы сулардың көкжиегін төмен жатқан сызатты сулардың көкжиегінен оқшаулайтын, суға төзімді балшық дамыған. Топырақасты сулардың деңгейі 1,5–3,2 м тереңдікте жатыр (16 –ұңғымада 5,4 м). Сулы көкжиектің қуаты 1,0 м-ден 2,0 м дейін өзгереді, жерасты суларының қысымы жоқ, тек балшықты линзалардың даму телімдерінде әлсіз (0,5 м) қысым бар.

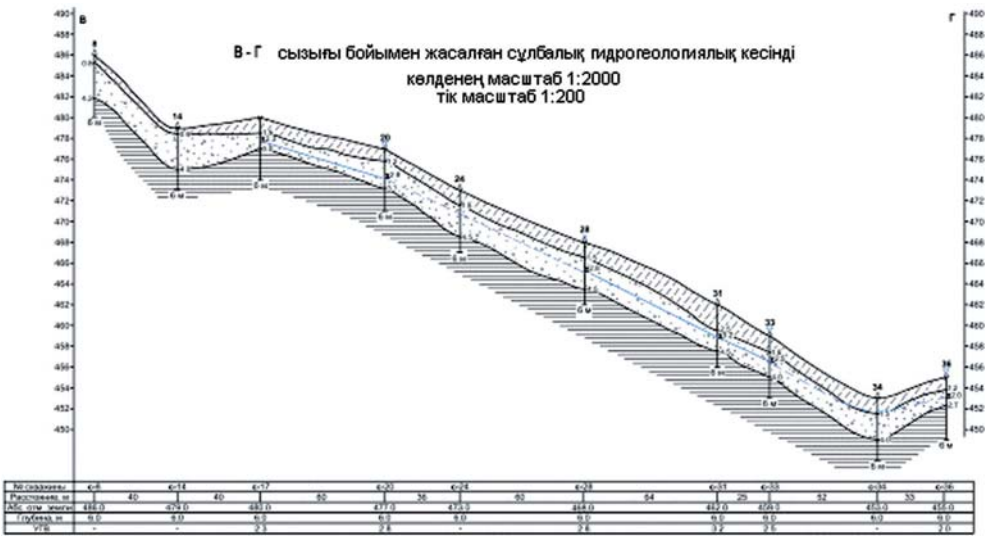


21-Сурет. Байтілес бұлағының микробассейні. Сұлбалық гидрогеологиялық карта

21-суретте бейнеленген екі сызық: А-Б және В-Г бойынша, сұлбалық гидрогеологиялық қималар құрылды (22-сурет).



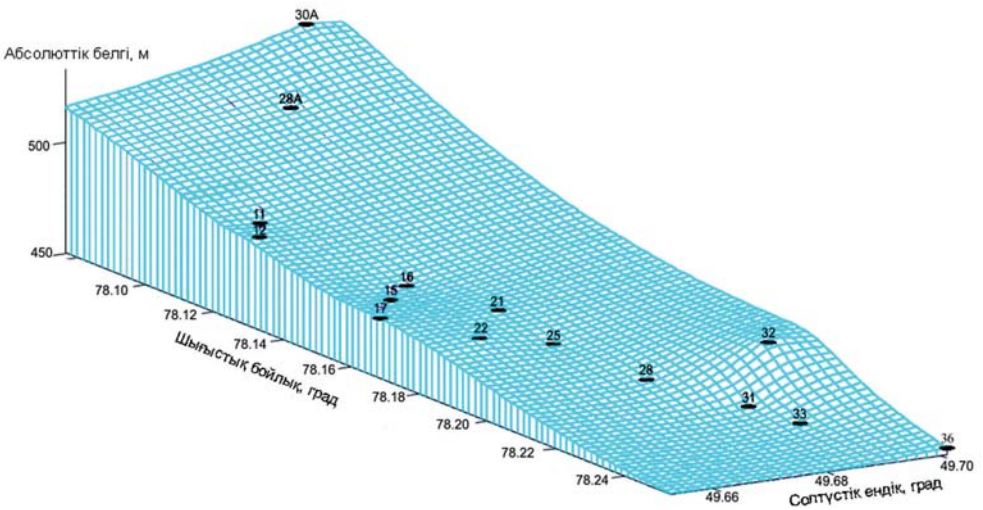
а



б

22-Сурет. Байтілес телімі. Сұлбалық гидрогеологиялық қималар

Алынған деректер бойынша жерасты ағыны бетінің үш өлшемді үлгі құрылды (23-сурет).



23-Сурет. Байтілес телімі жерасты ағыны бетінің үш өлшемді үлгі

Байтілес бұлағы алқабының шегінде тараған жерасты суларының гидрогеологиялық зерттеулер нәтижелері бойынша келесідей қорытындылар жасауға болады:

- Байтілес бұлағы алқабының шегінде жерасты суларының екі типі – саңылаулы және сызатты типі тараған;
- саңылаулы сулар қазіргі жоғарғы ширек жастың делювиалды-пролювиалды құмды-қиыршық тасты шөгінділеріне орайластырылған, сызатты сулар құмдақтарда тараған;
- топырақасты суларының деңгейі 1,5–3,2 м тереңдікте жатыр (16 ұңғымада – 5,4 м). Сулы көкжиектің қуаты 1,0 м-ден 2,0 м дейін өзгереді, жерасты суларының қысымы жоқ, тек балшықты линзалардың даму телімдерінде әлсіз (0,5 м) қысым бар. Сызатты сулардың деңгейі 33Р ұңғымада 4,6 м тереңдікте орналасқан;
- саңылаулы сулардың сүзілу жылдамдығы 0,9–2 м/тәул. шегінде өзгереді, бұл кезде зерттеліп жатқан алаңның солтүстік-батыс және оңтүстік бөлігі үшін ол әр түрлі.

2.2.2. Байтілес бұлағы теліміндегі жерасты суларының радионуклидті ластануы

Жерасты суларының зертханалық талдамалары келесі радионуклидтердің: ^{137}Cs, ^{90}Sr және ^{3}H құрамын анықтауға жасалды. 16-кестеде тритийдің судағы шоғырлануын анықтау бойынша талдама нәтижелері ұсынылған.

16-Кесте

Байтілес телімі. Жерасты сулары сынамаларының зертханалық талдама нәтижелері

№ р/р	Ұңғыма нөмірі	^{137}Cs, Бк/кг	^{90}Sr, Бк/кг	$^{239+240}$Pu, Бк/кг	^{3}H, кБк/кг
1	10	<0,02	0,13±0,03	*	1±0,1
2	11	<0,05	0,03±0,01	*	10±1
3	15	0,04±0,02	<0,015	*	0,01±0,001
4	16	<0,06	<0,01	*	0,02±0,002
5	17	<0,03	<0,019	*	10±1
6	20	0,04±0,02	<0,01	*	0,02±0,002
7	21	*	*	*	0,011±0,001
8	25	<0,03	<0,05	*	2,7±0,25
9	28	<0,05	<0,02	*	0,015±0,003
10	28А	<0,03	<0,03	*	50±5
11	30А	<0,02	<0,03	<0,0034	100±10
12	31	<0,03	<0,02	*	0,015±0,003
13	32	*	*	*	0,011±0,001
14	33	<0,03	<0,007	*	1±0,1
15	36	<0,04	<0,006	*	10±1
16	6 (III-III діңгек)	<2	0,19±0,09	*	260±24
17	33Р	<0,02	1,0±0,01	*	9,5±0,5
18	Т1	<0,01	0,7±0,01	*	80±1
* - өлшеулер жүргізілген жоқ					

Техногенді радионуклидтердің Байтілес бұлағының алқабы бойынша саңылаулы сулардың ағынымен Дегелең таулы массивінен тыс жерлерге шығарылу сипатын білу бойынша зерттеулер зерттелген сынамалардың көбісі үшін ^{137}Cs құрамы МРБ төмен болғандығын көрсетеді. ^{90}Sr сандық мәндері тек 10 (0,13 Бк/кг), 14 (0,03 Бк/кг) және 6 (0,19 Бк/кг) ұңғымаларда бекітілген.

^{3}H жерасты суларының негізгі радиоактивті ластаушысы болып табылады. Ұсынылған деректер бойынша жұмыс телімінің жерасты суларындағы ^{3}H құрамының мәндері 0,1-ден 260 кБк/кг дейін өзгеретінін көреміз. Көптеген мәндері Дегелең тауларынан Қоскұдық шатқалына дейінгі өзеннің ағынының барлық бөлігіндегі арнаасты ағындары үшін тән. ^{3}H максималды шоғырлануы Дегелең таулы массивінің шекарасында орналасқан 6 ұңғымада байқалды.

Таулардан алыстаған сайын судағы ^{3}H шоғырлануы едәуір төмендейді, бірақ соған қарамастан, Қоскұдық шатқалы алқабындағы өзен арнасының толық жоғалуы бар телімінде 17 ұңғымадан алынған су сынамасында топырақасты сулардағы ^{3}H шоғырлануы 10 кБк/кг жетеді (30А ұңғымадан 8 км). Қоскұдық шатқалы аумағындағы топырақасты сулардағы ^{3}H таралу сипатын бағалау үшін деректер әлі жеткіліксіз. Мысалы, 1 км сайын бұрғыланған ұңғымалар қатары (16, 15, 20) бойынша ^{3}H шоғырлануы бар-жоғы 0,01–0,02 кБк/л құрады. Қия тауының бөктерлерінде бұрғыланған екі ұңғыма сусыз болып шықты. Сол кезде, зерттелмеген телімнің орталығында орналасқан 28-нүктеде өсімдіктің бос суындағы ^{3}H шоғырлануы 1,5 кБк/л құрады, бұл аталған телімдегі топырақасты суларында ^{3}H құрамы жоғары екендігіне жанама дәлел болады.

Қоскұдық (36 ұңғыма, ^{3}H – 10 кБк/кг) шатқалының солтүстік-шығыс шекарасы шегінде таралған топырақасты суларындағы ^{3}H құрамының жеткілікті жоғары мәндерінің болу дерегі ерекше назарда болуы тиіс (36 ұңғыма, ^{3}H – 10 кБк/кг). Әр түрлі факторлар қатары ^{3}H шоғырлануының күрт жоғарылуына себеп болып табылады. Біріншіден, аталған жағдайда біз Дегелең шатқалынан түсетін жерасты суларының түпкілікті әр түрлі ағындарымен айналысамыз. Бұл кезде аймақтық бассейн суларындағы ^{3}H таралу сипаты туралы сұрақ әлі де зерттелмеген болып қала береді. Осыған байланысты, осы телімде топырақасты суларының ^{3}H 10 кБк/кг дейінгі құрамы бар экзогенді сызаттану аймағының жерасты суларымен байланысы жүруі мүмкін.

Аталған телімдегі сызатты сулардағы ^{137}Cs, ^{90}Sr және ^{3}H техногенді радионуклидтерінің шоғырлануы 33Р ұңғымасының деректері бойынша, тиісінше, <0,01; 1,0 және 9500 Бк/л жетеді. Шамамен сондай мәндер жақын жатқан 11 ұңғымадағы саңылаулы суларға да тән, бұл аталған телімдегі саңылаулы және сызатты сулардың болжамды байланыстары туралы айтады. Бұл кезде сызатты суларда ^{90}Sr болуы осы радионуклидтің таралуын жан-жақты зерттеуді талап етеді [7, 8].

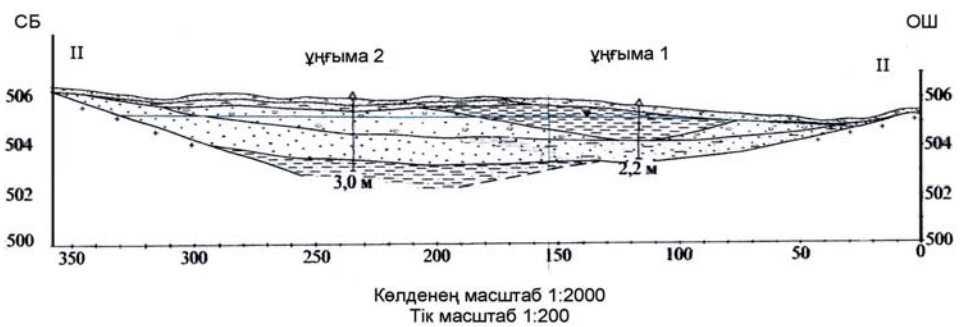
2.3. Қарабұлақ бұлағының телімі

2.3.1. Қарабұлақ бұлағы алқабының гидрогеологиялық жағдайлары

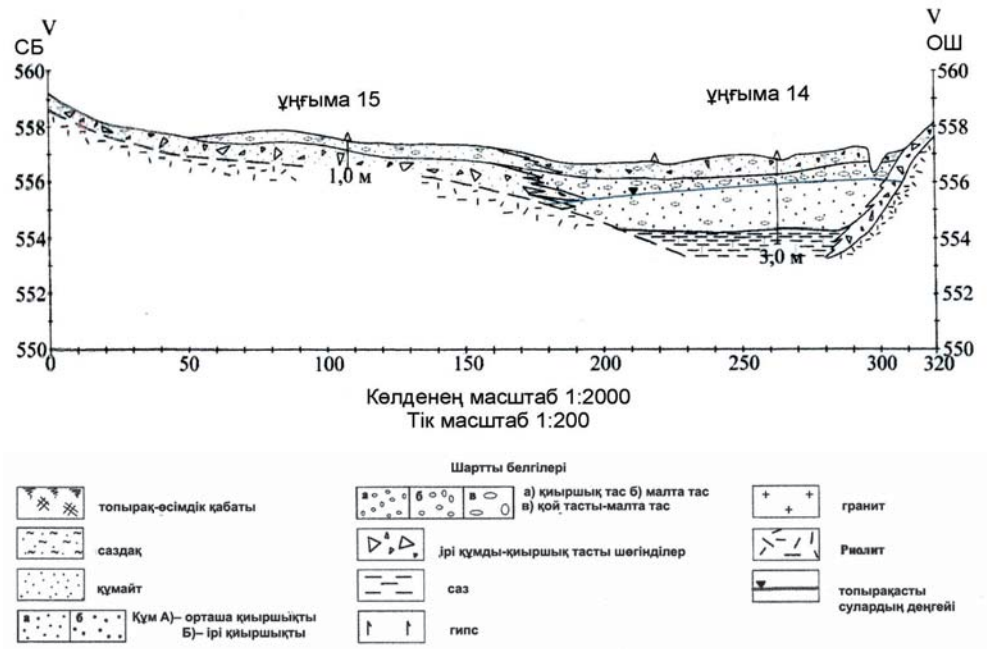
Қарабұлақ бұлағы алқабы солтүстік-шығыс бағытта жазылып жатыр. Өзен арнасы Дегелең таулы массивінен 40 км арақашықтыққа дейін созылған. Дегелең таулы массивінен тыс шыққан саңылаулы сулар ағындарының сипаттамасы үшін II-II (24-сурет және 26-сурет) және V-V гидрогеологиялық діңгектер (25-сурет және 26-сурет) қойылды.

II-II діңгек № 511 штольнядан 4 км солтүстікке қарай орналасқан. Діңгек бағыты - солтүстік-батыс 300^{0}. Өзеннің негізгі арнасында топырақасты суларын ашқан 1 және 2 ұңғымалары және 3 ұңғыма бұрғыланған. Діңгек таулардан 4 км жерде орналасқан, сондықтан геологиялық қимада құм толтырылған құмдақ және қиыршық таспен берілген ұсаққалдықты аллювиалды шөгінділер басым. Топырақасты сулары 0,5 – 0,8 м тереңдікте жатыр.

V-V діңгек Қарабұлақ бұлағының оң ағыны алқабында, 504 штольнядан солтүстік-шығысқа қарай 2,5 км-де орналасқан (25-сурет және 26-сурет).



24-Сурет. Қарабұлақ бұлағының бассейні. II-II діңгек бойынша геологиялық қима



25-Сурет. Қарабұлақ бұлағының бассейні. V-V диңгек бойынша геологиялық қима

Ұңғымалар бойынша негізгі жалпы деректер 17-кестеде берілген.

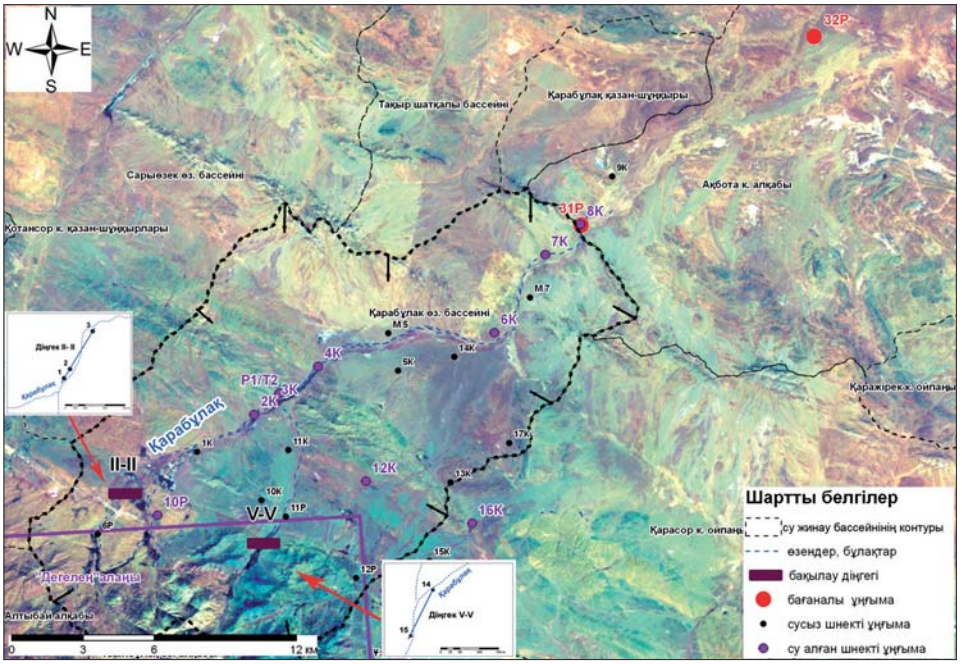
17-Кесте

Гидрогеологиялық ұңғымалар туралы мәліметтер

Диңгек нөмірі, бұлақ атауы	Ұңғыма нөмірі	Ұңғыма терендігі, м	Топырақасты суларының деңгейі, м
II-II, Қарабұлақ бұл.	1	2,2	0,5
	2	3,0	0,8
	3	2,9	сусыз
V-V, Қарабұлақ бұл. оң ағыны	14	3,0	0,9
	15	1,0	сусыз

Қарабұлақ өзендік жүйесіндегі екінші бейін орналасуының қажеттілігі негізгі алқапта орналасқан II-II диңгек тек таулардың солтүстік-батыс бөлігін бақылауға мүмкіндік беретін жағдаймен анықталады. Оң ағынның бастаулары аса радиоактивті ластанған штольнялар ауданында орналасқан.

Қарабұлақ бұл. алқабының шегінде тараған Дегелең тауларынан тыс саңылаулы сулардың жағдайын зерттеу үшін 17 шнекті ұңғыма (1К, 2К, 3К, 4К, 5К, 6К, 7К, 8К, 9К, 10К, 11К, 12К, 13К, 14К, 15К, 16К, 17К) және сызатты суларды зерттеу үшін екі бағаналы ұңғыма (31Р және 32Р) бұрғыланды (26-сурет).



26-Сурет. Дегелең таулы массиві. Қарабұлақ микробассейнің ауданы

Бұрғыланған ұңғымалар туралы мәліметтер 18-кестеде берілген.

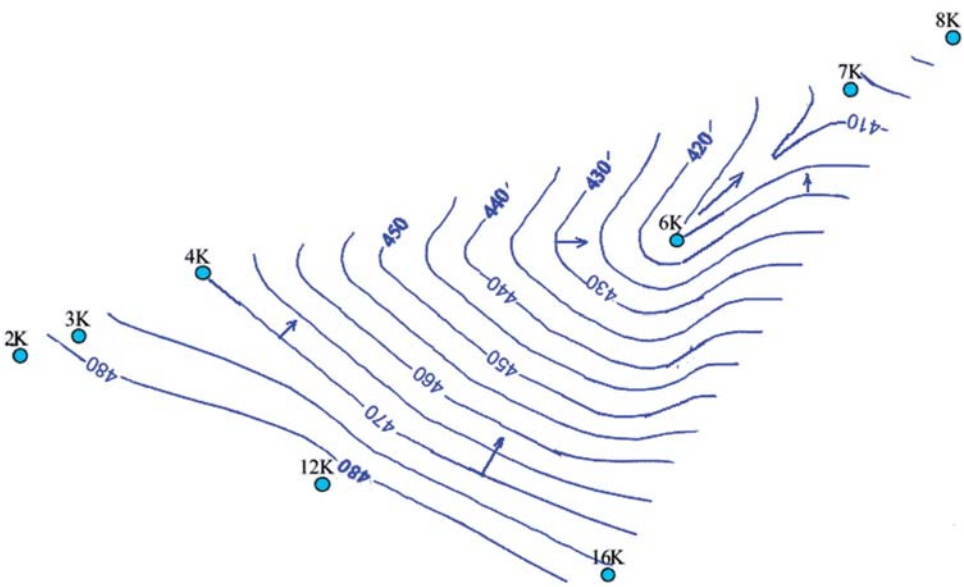
18-Кесте

Дегелең таулы массиві. Ұңғымалар бойынша жалпы деректер

№ р/р	Ұңғыма нөмірі	Координаттары		Ұңғыма тереңдігі, м	Топырақасты суларының деңгейі, м
		СЕ	ШБ		
1	1К	49º 53' 05,1"	78º 04' 56,9"	2,5	сусыз
2	2К	49º 53' 58,4"	78º 07' 05,9"	1,5	0,7
3	3К	49º 54' 07,3"	78º 07' 45,4"	6,0	2,6
4	4К	49º 54' 28,9"	78º 09' 38,3"	3,0	2,1
5	5К	49º 54' 44,4"	78º 12' 09,3"	1,0	сусыз
6	6К	49º 55' 30,4"	78º 15' 36,1"	6,5	5,5
7	7К	49º 57' 13,9"	78º 17' 30,8"	3,0	1,5
8	8К	49º 57' 36,8"	78º 18' 49,8"	2,0	1,3
9	9К	49º 58' 56,9"	78º 20' 00,0"	3,5	сусыз
10	10К	49º 51' 55,3"	78º 07' 08,7"	0,5	сусыз
11	11К	49º 53' 02,1"	78º 08' 09,9"	1,0	сусыз
12	12К	49º 52' 23,1"	78º 10' 58,8"	6,0	2,2
13	13К	49º 52' 08,6"	78º 13' 50,1"	1,0	сусыз

№ р/р	Ұңғыма нөмірі	Координаттары		Ұңғыма тереңдігі, м	Топырақасты суларының деңгейі, м
		СЕ	ШБ		
14	14К	49º 54' 59,9"	78º 14' 09,4"	15,0	сусыз
15	15К	49º 50' 23,0"	78º 12' 58,2"	0,5	сусыз
16	16К	49º 51' 06,6"	78º 14' 26,5"	деректер жоқ	0,5
17	17К	49º 52' 59,3"	78º 15' 57,2"	8,0	сусыз
18	31Р	49°57' 50,79"	78°18' 52,59"	40,0	2,0
19	32Р	50°01' 53,78"	78º 27' 24,06"	42,0	12,1
20	10П	49º 51' 46,6"	78º 3' 27,4"	0,2	3
21	Р1/Т2	49º 54' 20,2"	78º 07' 54,9"	4,0	3,2

Жүргізілген жұмыстардың нәтижелері бойынша суретте келтірілген саңылаулы сулардың сулы көкжиегінің гидроизогипс картасы құрылды (27-сурет).



Бағдар – жерасты сулары қозғалысының бағыты

27-Сурет. Қарабұлақ бұлағы алқабындағы саңылаулы сулардың сулы көкжиегінің гидроизогипс карталары

Карта бойынша жерасты суларының солтүстік-шығыс бағытта сүзілетінін атап өтуге болады. Ширек шөгінділердің сулы көкжиегін сынау үшін 4 ұңғымада су толтыруды жүргізу арқылы тәжірибелік-сүзгілеу жұмыстары (ТСЖ) орындалды. Су толтыру тұрақты мөлшер болған кезде жүргізілді (Q = const). Су толтыру нәтижелері бойынша сүзу коэффициентін (*К*) және тиесілі су сіңіруді (*q*) есептеу атқарылды. ТСЖ нәтижелері 19-кестеде берілген.

19-Кесте

«Дегелең» алаңы. Ұңғымаларға су толтыру нәтижелері бойынша сүзу параметрлері

№ р/р	Ұңғыма нөмірі	К, м/тәул.	Q, м³/сағ.	q, м³/сағ.
1	3К	0,08	0,09	0,01
2	4К	0,28	0,10	0,06
3	7К	0,25	0,06	0,06
4	8К	0,25	0,05	0,06
5	12К	0,06	0,07	0,01

Сүзгілену сипаттамасы бойынша су сіңіргіш жыныстарды әлсіз сіңіргіш, ал 12К ұңғымаларда - тіпті әлсіз сіңіргіш (*К>0.1 м/тәул.*) деп жіктеуге болады. Қарабұлақ бұлағы алқабының шегінде тараған жерасты суларының гидрогеологиялық зерттеулер нәтижелері бойынша келесідей қорытындылар жасауға болады:

- Қарабұлақ бұл. алқабының шегінде жерасты суларының екі типі – саңылаулы және сызатты типі тараған;
- саңылаулы сулар құмды толтыруларымен бірге құмдақпен және қиыршық таспен берілген ұсаққалдықты аллювиалды шөгінділерге орайластырылған, сызатты сулар алевролиттарда таралған;
- топырақасты сулары 0,5-0,9 м тереңдікте жатыр. Сызатты сулардың деңгейі 4,5 м дейінгі тереңдікте орналасқан, таулы төңіректен тыс 12,0 м дейін төмендейді;
- Қарабұлақ бассейніндегі жерасты сулары солтүстік-шығыс бағытта сүзгіленеді. Сүзгілену сипаттамасы бойынша су сіңіргіш жыныстарды әлсіз сіңіргіш, ал 12К ұңғымаларда - тіпті әлсіз сіңіргіш деп жіктеуге болады.

2.3.2. Қарабұлақ бұлағы алқабындағы жерасты суларының радионуклидті ластануы

20-кестеде жерасты сулары сынамаларының зертханалық нәтижелері ұсынылған.

20-Кесте

Жерасты сулары сынамаларының зертханалық нәтижелері

№ р/р	Ұңғыма нөмірі	^{137}Cs, Бк/кг	^{90}Sr, Бк/кг	^{3}H, кБк/кг
1	2 (II-II діңгек)	<2	0,8	16±6
2	14 (V-V діңгек)	<2	9,0±0,01	110±5
3	7К	<0,02	<0,01	1,2±0,12
4	3К	<0,02	<0,01	30±3
5	16К	<0,02	<0,01	<0,007
6	2К	<0,01	<0,01	2,1±0,1
7	4К	<0,01	<0,01	0,7±0,05
8	12К	<0,01	<0,01	0,015±0,005

№ р/р	Ұңғыма нөмірі	^{137}Cs, Бк/кг	^{90}Sr, Бк/кг	^{3}H, кБк/кг
9	8К	<0,02	2,4±0,02	21±2
10	6К	<0,01	7,6±0,01	30±3
11	31Р	<0,01	<0,01	<0,012
12	32Р	<0,02	<0,01	0,06±0,007
13	10П	<0,01	0,6±0,01	95±1
14	Р1/Т2	<0,01	<0,01	0,9±0,05

20-кестеден көрінетіні, II және V бақылау бекеттері шегіндегі таралған жерасты суларындағы ^{137}Cs топырақасты суларындағы құрамы МРБ деңгейінде орналасқан. Аса ластанған штольнялардан келетін сулар қосылатын Қарабұлақ бұл. оң ағынының алқабында ^{90}Sr – 9,0 Бк/л дейінгі біраз жоғары құрамы байқалған. Аса көп тарағаны ^{3}H. Екі алқаптағы оның шоғырлану деңгейлері ауыз су үшін рауалы деңгейден асады және солтүстік алқапта 16 кБк/л дейін, ал Қарабұлақ бұл. оң ағынының алқабында 110 кБк/л дейін жетеді.

Техногенді радионуклидтердің жерасты суларымен таралуын зерттеу үшін Дегелең таулы массивінің солтүстік шекарасынан 36 км қашықтықта Қарабұлақ бұлағы негізгі арнасына орайластырылған телім зерттелген болатын. 17 ұңғыманың ішінен тек 8-і сулы болып шықты. 21-кестеде жерасты сулары сынамаларындағы техногенді радионуклидтердің шоғырлануын анықтау бойынша зертханалық талдама нәтижелері ұсынылған. Кестелік деректер бойынша көретініміз, жерасты суларындағы барлық зерттеліп жатқан телімдердің ұзына бойындағы ^{137}Cs радионуклидінің тиесілі белсенділігінің мәндері 0,02 Бк/л тең МРБ аспады. ^{90}Sr құрамының сандық мәндері тек 8К, 6К және 10П ұңғымаларда алынған. ^{90}Sr таралу сипатының түсіндірмесі әлі жоқ. Бұл үшін осы телімдегі радионуклидтердің жылыстау жолдарын тәптіштеу бойынша жұмыстар қажет.

^{3}H негізгі радиоактивті ластаушы болып табылады. Зерттеліп жатқан бөліктің топырақасты суларындағы ^{3}H шоғырлануының жалпы төмендеу аясында (95-тен 21 кБк/л дейін), бірқатар нүктелерде оның шоғырлану мәндерінде маңызды өзгерістер байқалды. Бәрінен бұрын, аталған ерекшелікті градиентті сипатымен және ластану мөлшеріндегі конфигурациямен, сондай-ақ аталған телімдегі радионуклидтердің жылыстау жолдарының арқаулы типімен түсіндіруге болады. Бұл кезде, бір ұңғымалар жоғары шоғырланумен бас жағына, басқалары – шоғырланудың төмен мәндерімен шеткі жақтарға түсуі мүмкін.

Аталған бағытта жерасты суларының мониторинг үшін екі гидрогеологиялық ұңғыма жабдықталды. 31Р ұңғыма 8К ұңғымадан шамамен 50 м-де бұрғыланды. 31Р ұңғымасынан шыққан судағы ^{137}Cs, ^{90}Sr және ^{3}H шоғырлануы МРБ аспайды, бұл аталған телімдегі топырақасты суларының экзогенді сызаттану аймағына орайластырылған жерасты сулары көкжиегімен байланысының жоқтығы туралы көрсетеді. Ұңғыманың міндеті – Қарабұлақ бұлағы ауданындағы жерасты суларының ластану деңгейін мониторингілеу. 32Р ұңғыма Қарабұлақ бұлағы арнасы бойымен төмен 8К ұңғымадан шамамен 14 км-де бұрғыланды. Ұңғыманың суында 60 Бк/л шоғырлануы бар ^{3}H табылған, ^{137}Cs және ^{90}Sr құрамы МРБ аспайды. Ұңғыманың

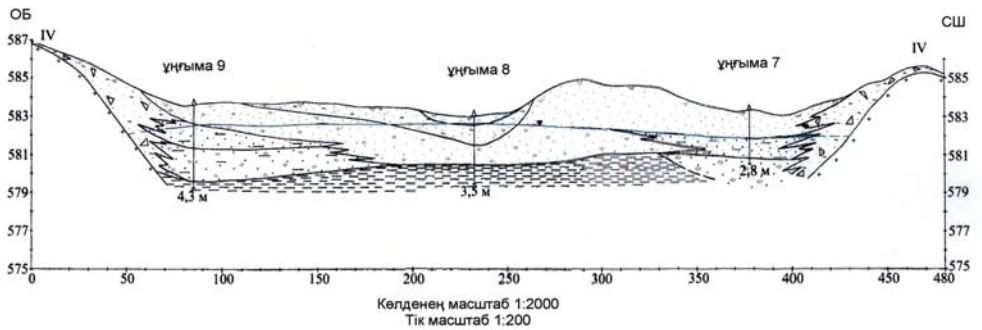
міндеті – Қалба-Шыңғыс аймақтық омырылу аймағына ластанған сулардың болжамды түсуін бақылау [7, 8].

2.4. Алтыбай телімі

2.4.1. Алтыбай алқабының гидрогеологиялық жағдайлары

Алтыбай микробассейнінің алқабы Дегелең таулы массивінің солтүстік-батыс бөлігінде орналасқан.

Дегелең тауынан батыс бағыттағы жерасты сулары ағынының жағдайын зерттеу үшін аталған телімде IV-IV діңгек құрылған (28-сурет). Ол Сары-Өзен бұл. оң ағынының алқабында 503 штольнядан солтүстік-батысқа 3,5 км-де орналасқан. Діңгектің бағыты - солтүстік-шығыс 70°. Діңгек ұзындығы 480 м. Алқаптың орталық бөлігінде әлсіз көрінетін арнасы бар. Алқаптың өзектік және қапталдық бөліктерінде 7, 8 және 9 ұңғымалар бұрғылануы керек (28-сурет).



28-Сурет. «Дегелең» алаңы. IV-IV діңгек бойынша геологиялық қима

Ұңғымалар бойынша негізгі жалпы деректер 22-Кестеде берілген.

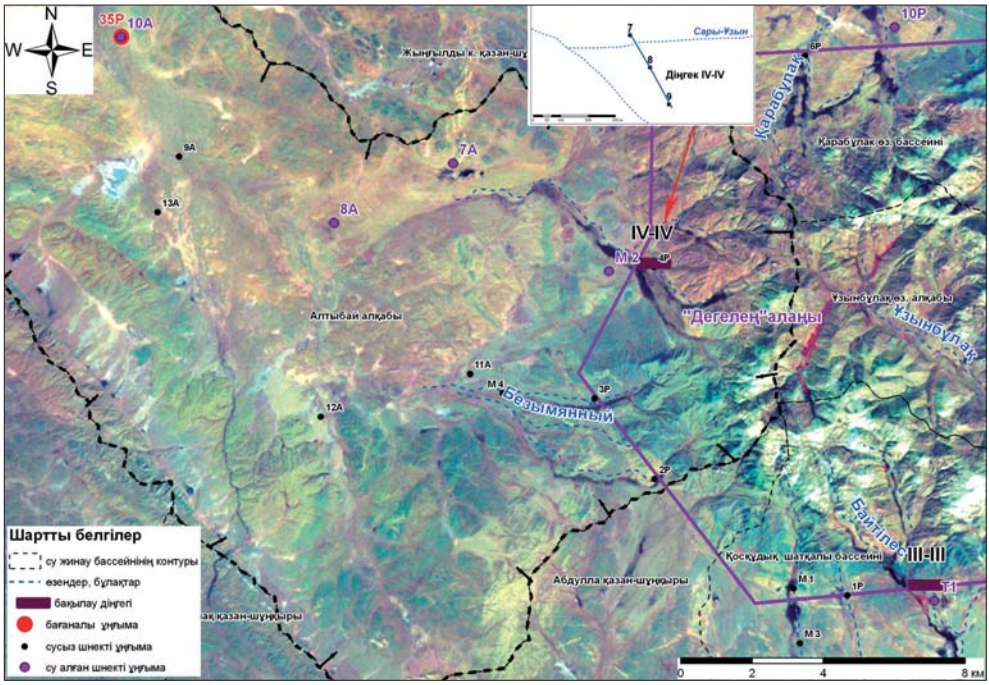
22-Кесте

Гидрогеологиялық ұңғымалар туралы мәліметтер

Діңгек нөмірі, өзен атауы	Ұңғыма нөмірі	Ұңғыма тереңдігі, м	Топырақасты суларының деңгейі, м
IV, Сары-Өзен бұл.	7	2,8	сусыз
	8	3,5	1,5
	9	4,3	сусыз

Қимада қиыршық тас, құм және құмдақпен берілген пролювиалды және аллювиалды шөгінділер байқалады. Шөгінділердің қуаты 2,5-тен 4 м дейін құрайды. Топырақасты сулар 0,3-тен 1,5 м дейінгі тереңдікте ашылған. Төменде неогеннің суға төзімді балшықтары жатыр.

Дегелең таулы массивінен тыс саңылаулы сулар ағындарының жағдайын зерттеу үшін аталған бағытта «Сары-Өзен» алаңы жағына Алтыбай микробассейніне орайластырылған телім зерттелген болатын. Телім Дегелең тауларынан 15 км қашықтықта зерттелді. Осы мақсатта 7 шнекті (7А, 8А, 9А, 10А, 11А, 12А, 13А) және бір бағаналы ұңғыма (35Р) бұрғыланды (29-сурет).



29-Сурет. «Дегелең» алаңы. Алтыбай микробассейнінің ауданы

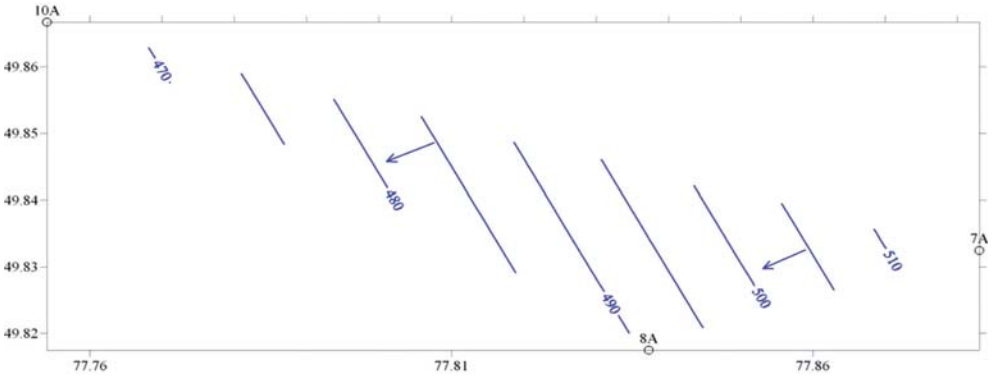
Бұрғыланған ұңғымалар туралы мәліметтер 22-кестеде берілген.

22-Кесте

«Дегелең» алаңы. Ұңғымалар бойынша жалпы деректер

№ р/р	Ұңғыма нөмірі	Координаттары		Ұңғыма тереңдігі, м	Топырақасты суларының деңгейі, м
		СЕ	ШБ		
1	7А	49º 49' 55,8"	77º 53' 01,7"	2,5	2,0
2	8А	49º 49' 01,8"	77º 50' 17,0"	4,0	2,4
3	9А	49º 50' 08,0"	77º 46' 33,5"	15,0	сусыз
4	10А	49º 51' 59,0"	77º 45' 17,3"	10	5,6
5	11А	49º 46' 40,5"	77º 53' 10,6"	15,0	сусыз
6	12А	49º 46' 06,7"	77º 49' 39,0"	15,0	сусыз
7	13А	49º 49' 18,1"	77º 45' 59,9"	15,0	сусыз
8	35Р	49º 51' 57,97"	77º 45' 21,0"	38,0	3,3
9	М2	49º 48' 8,8"	77º 56' 31,5"	3,0	2,2

Жүргізілген жұмыстардың нәтижелері бойынша суретте көрсетілген саңылаулы сулардың сулы көкжиегінің гидроизогипс картасы құрылды (30-сурет).



Бағдар – жерасты сулары қозғалысының бағыты

30-Сурет. Алтыбай бұлағы алқабының саңылаулы сулары сулы көкжиегінің гидроизогипс картасы

Картаны талдау кезінде жерасты сулары солтүстік-батыс бағытта сүзгіленеді деген қорытынды жасауға болады. Ширек шөгінділердің сулы көкжиегін сынау үшін 3 ұңғымада су толтыру арқылы тәжірибелік-сүзгілеу жұмыстары орындалды. Су толтыру тұрақты мөлшер (Q = const) болған кезде жүргізілді. Су толтыру нәтижелері бойынша сүзу коэффициентін (*K*) және тиесілі су сіңіруді (*q*) есептеу атқарылды. ТСЖ нәтижелері 23-кестеде берілген.

23-Кесте

«Дегелең» алаңы. Ұңғымаларға су құю нәтижелері бойынша сүзгілеу параметрлері

№ р/р	Ұңғыма нөмірі	К, м/тәул.	Q, м³/сағ.	q, м³/сағ.
1	7А	0,27	0,07	0,09
2	8А	0,27	0,10	0,05
3	10А	0,16	0,17	0,07

Сүзгілену сипаттамасы бойынша су сіңіргіш жыныстарды әлсіз сіңіргіш деп жіктеуге болады. Алтыбай телімі шегінде тараған жерасты суларының гидрогеологиялық зерттеулер нәтижелері бойынша келесідей қорытындылар жасауға болады:

- Алтыбай телімі шегінде жерасты суларының екі типі – саңылаулы және сызатты типі тараған;
- саңылаулы сулар қиыршық таспен, құммен және құмдақпен берілген пролювиалды және аллювиалды шөгінділерге орайластырылған. Топырақасты сулары 0,3 –тен 1,5 м дейінгі тереңдікте ашылған. Төменде неогеннің суға төзімді балшықтары жатыр.
- Алтыбай телімі шегіндегі топырақасты сулары солтүстік-батыс бағытта сүзгіленеді. Сүзгілену сипаттамасы бойынша су сіңіргіш жыныстарды әлсіз сіңіргіш деп жіктеуге болады.

2.4.2. Алтыбай алқабы жерасты суларының радионуклидті ластануы

24-кестеде жерасты сулары сынамаларының зертханалық талдамалар нәтижелері ұсынылған.

24-Кесте

«Дегелең» телімі. Саңылаулы сулардағы радионуклидтердің құрамы

№ р/р	Ұңғыма нөмірі	^{137}Cs, Бк/л	^{90}Sr, Бк/л	$^{239+240}$Pu, Бк/л	^{3}H, кБк/л
1	8 (IV-IV діңгек)	3,0	0,2	*	170±17
2	10А	0,04±0,01	<0,01	*	17±1,7
3	8А	<0,03	<0,01	*	0,07±0,01
4	7А	<0,01	<0,01	0,02	19±1
5	35Р	<0,01	<0,01	*	14±1,4
6	М2	<0,01	<0,01	*	41±1
* - өлшеулер жүргізілген жоқ					

Кестелік деректер талдамасы кезінде бақылау бекеті орналасқан телімде жерасты суларындағы ^{137}Cs және ^{90}Sr шоғырлануының 3,0 және 0,2 Бк/л жететінін атап өтуге болады, тиісінше, бұл ауыз су үшін рауалы мәндерден аспайды.

Аталған бағыттағы техногенді радионуклидтердің таралу сипатын зерттеу үшін бұрғыланған 7 шнекті ұңғыманың ішінен тек 4 ұңғыманың ғана суы бар болды. 25-Кестеде зертханалық талдамалар нәтижелері ұсынылған. Қолда бар деректерден көретініміз, зерттеліп жатқан телімдердегі ^{137}Cs, ^{90}Sr техногенді радионуклидтердің құрамы МРБ аспайды. 10А ұңғымада ^{137}Cs құрамы 0,04 Бк/л, ал 7А ұңғымада $^{239+240}$Pu шоғырлануы – 0,02 Бк/л құрады. Бекітілген шоғырланулардың радиациялық қауіпі жоқ және олар ауыз су үшін рауалы мәндерден маңызды төмен орналасқан. Топырақасты сулардағы ^{3}H шоғырлануы негізгі арна шегінде 41-ден 17 кБк/л дейін өзгерді.

Сызатты суларды зерттеу үшін Алтыбай телімінде 10А шнекті ұңғыма ауданында бір 35Р гидрогеологиялық ұңғыма жабдықталды. 35Р ұңғымасынан алынған судағы ^{3}H шоғырлануы 14 кБк/л жетеді. Аталған шоғырлану сызатты сулардағы (10А ұңғыма) ^{3}H құрамы мәндерінің шегінде, бұл аталған телімдегі саңылаулы және сызатты сулардың өзара тығыз байланысы туралы дәлелдейді.

Жерасты суларының ^{3}H ластану сипатын анықтау үшін аталған бағытта қосымша зерттеулер жүргізу керек. 8А ұңғыма бойынша алынған деректер бойынша жерасты суларының аталған бағыттағы радиоактивті ластануы азғантай деп алдын ала қорытынды жасауға болады. 10А және 35Р ұңғымалардағы тритийдің жоғары мәндері аталған ұңғымалардың «Сары-Өзен» алаңы шекарасында бұрғыланғандығына байланысты болуы мүмкін. Осыған байланысты 10А және 35Р ұңғымалар бойынша деректер, көп мөлшерде Дегелең тауларынан аққан жерасты суларының ағынын емес, «Сары-Өзен» алаңында тараған жерасты суларындағы ^{3}H шоғырлану деңгейін сипаттайды [7, 8].

2.5. Бұлақтардың радионуклидті ластануы

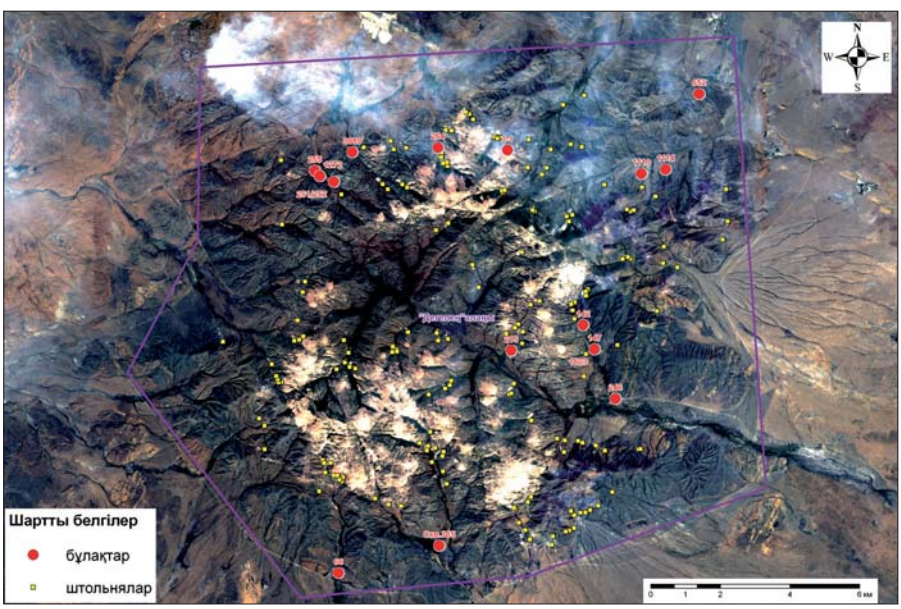
2.5.1. Бұлақтар мөлшері

Дегелең тауларындағы ядролық сынақтарды жүргізудің басталуына дейін әр түрлі биіктік белгілерде 30-дан аса бұлақтар болған. 2005 ж. зерттеулер нәтижелері бойынша 17 ағып тұрған бұлақ табылған (31-сурет).

Ядролық сынақтарды жүргізу басталғаннан бері тау массиві құлдыраулық бұзылуларға ұшырады. Сызаттардың кеңеюі есебінен гидростатикалық қысым төмендейді, бұл

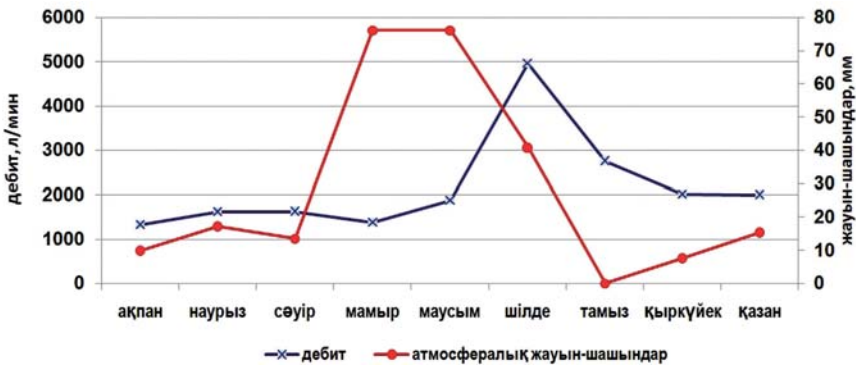
жерасты сулары күмбезі төбесінің төмендеуіне әкеледі. Жерасты суларының тізбекті айналысы ұлғаятын сулы тектоникалық құрылымдар жаңарады. Тізбекті ағындардағы қайта таралуы және жерасты сулары бағыттарының қайта бағытталуы жүзеге асады. Жоғары гипсометриялық деңгейлерде орналасқан бұлақтар жоғалады. Толықтай жаңа бұлақтар пайда болады. Кейбір бұлақтар тоқтаусыз ағып тұрған бұлақтарға айналады. Мол ылғалдануына қарай кейбір жерлерде маусымдық ағатын бұлақтар да кездеседі.

Бұлақтардың мөлшер сипатының жалпы белгілерін 2002 ж. жүргізілген бақылау нәтижелері бойынша түсіндіруге болады. 2002 ж. ағымында мониторинг екі бұлақта және 385 артезианды ұңғымада жүзеге асты (32-сурет). Жылдың бірінші жартысында судың ағындары салыстырмалы тұрақтылықпен сипатталды. Бұл кезеңде қарқынды ағын 251/252 бұлақтан ақты. 3089 бұлақтан және 385 ұңғымадан аққан су ағындарындағы мөлшер аса тұрақты болды. Мамыр айында су режімі тұрақтанды және жинақты ағын қысқы кезеңде бақыланатын мәндерге дейін төмендейді. Алайда маусым айының өзінде атмосфералық жауын-шашындардың ұлғаюына байланысты ағындардың күшеюі байқалды. Атмосфералық жауын-шашындардың түсу шегі 2002 ж. көктемгі кезеңнің аяғына және жаздың екі алғашқы айларының кезеңіне келеді. Мамыр-маусымда түскен жауын-шашынның саны көп жылғы бақылау көрсеткіштерінен көп жоғарылайды, бұл тікелей ағындардың мөлшерінің ұлғаюына әсер етті. Маусымда мөлшердің ұлғаюы жалғасты. Шілдеде мөлшердің ұлғаюы жалғасты. 251/252 бұлақта мөлшер 1528 л/мин құрады. Бұл мән маусымдық мөлшерден 4 есеге жоғарылады. 3089 бұлақтың және 385 ұңғыманың мөлшері 2 есеге өсті.



31-Сурет. «Дегелең» алаңындағы бұлақтардың орналасуы

32-суретте түскен жауын-шашындардың максималды сандары шегінің және бұлақтан және 385 ұңғымадан түсетін судың максималды жиынтық мөлшерінің уақыттағы айырмашылықтарын нақты көруге болады.



32-Сурет. «Дегелең» алаңы. «Дегелең» алаңындағы жиынтық ағын және атмосфералық жауын-шашындар

Кестеде көрінгендей, ағындардың максималды жиынтық мөлшері атмосфералық жауын-шашындардың қарқынды түсуінің басынан 2 ай мөлшерінде артта қалған. Бұл кезеңді жауын-шашындардың Дегелең тауларындағы сызатты жүйелер арқылы инфильтрация уақыты деп қабылдауға болады. Тамызда барлық су шыққан жерлердегі мөлшер төмендей бастайды, ал қыркүйекте және қазанда қалыпты деңгейде тұрып, қалыпқа келеді.

Барлық бұлақтар бойынша тек үзінді деректер ғана бар. 2005 ж. зерттеу нәтижелері бойынша осы бұлақтар туралы жалпы мәліметтер 25-кестеде келтірілген.

25-Кесте

«Дегелең» алаңындағы бұлақтарды зерттеу нәтижелері

№ р/р	Іріктеп алу нүктелері	^{90}Sr, Бк/л	^{3}H, кБк/л	^{137}Cs, Бк/л	Мөлшер, л/мин
1	3089 бұлақ	8	74	1	36
2	652 бұлақ	<0,1	0,4	0,49	69
3	147 бұлақ	56	15	<0,36	*
4	3-1 бұлақ	60	24	<0,36	300
5	264 бұлақ	125	200	1,3	270
6	255 бұлақ	<0,1	64	<0,36	174
7	66 бұлақ	<0,1	142	<0,36	450
8	142 бұлақ	12	153	<0,36	*
9	215 бұлақ	3	33	<0,36	*
10	1114 бұлақ	<0,1	1,3	<0,36	*
11	1113 бұлақ	13	60	<0,36	300
12	246 бұлақ	1	165	1,25	2680
13	1603 бұлақ	40	19	<0,36	1040
14	303 бұлақ	58	*	1	*
15	251/252 бұлақ	<0,1	65	<0,36	120
16	1272 бұлақ	7	*	<0,36	*
17	385 ұңғыма	1,4	180	0,4	70
*- өлшеулер жүргізілген жоқ					

Кестелік деректер бойынша көптеген бұлақтарда мөлшер 1000 л/мин аспайды және 36-дан 1040 л/мин дейін өзгереді. 2680 л/мин жететін мөлшердің максималды мәндері 1603 бұлақта тіркелді [7, 13].

2.5.2. Бұлақ су ағындарының радионуклидті ластану сипаты

Бұлақтардан 2005 ж. іріктеп алынған су сынамаларының зертханалық талдама нәтижелері 26-кестеде ұсынылған. Ұсынылған деректер бойынша тек 652 және 114 бұлақтардағы техногенді радионуклидтердің (^{90}Sr, ^{137}Cs, ^{3}H) шоғырлануы, ауыз су үшін рауалы мәндерден аспайды, тиісінше 5, 11 және 7700 Бк/кг тең. Бұл кезде көптеген бұлақтардың суында ^{137}Cs шоғырлануы 125 Бк/кг дейін МРБ төмен орналасқан. Бұлақтардың суындағы ^{90}Sr шоғырлануы 125 Бк/кг дейін МРБ мәндерінен төмен жатыр. Бұлақтардың суында ^{90}Sr шоғырлануы жоғары болуының әзірге түсіндірмесі жоқ және аса жан-жақты зерттеуді талап етеді. Аталған құбылыс осы радионуклидтің су ағындарымен жылыстау сипатын зерттеу барысында таза ғылыми мәні бар сияқты, солай бола тұра осы уақытта радиоэкологиялық жағдайдың дамуы мәселелі сұрақ болып табылады. Бұл судан ^{90}Sr түпкі шөгінділермен сіңіргіштігіне және адамдар мен жануарларға радиациялық қауіп төндіретін үлкен көлемде бұлақтар орналасқан телімдердегі оның біртіндеп жиналуына байланысты.

^{3}H бұлақ суларының негізгі ластаушысы болып табылады. Тек 652 және 1114 бұлақтардағы ^{3}H шоғырлануы ауыз су үшін рауалы мәндерден аспайды. Қалған бұлақтардағы ^{3}H құрамы 15-тен 200 кБк/л дейін өзгереді, бұл рауалы деңгейден 25-тен көп есе асады. Суреттеп отырған көздер минералдау мен қаттылықтың төмен мәндерімен сипатталатынын, жылдың кез келген мерзімінде төмен температурасы барын және жоғары дәмдік қасиеттері бар екенінін атап өту керек. Сондықтан бұл суды ішу мақсатында пайдалануына жол бермеу үшін күзету шараларын қабылдау қажет.

2.6. Жерасты суларының химиялық құрамы

Жерасты суларының химиялық құрамын бақылау кез келген қарқындылық кезінде су ағындары нақты бір минералдану және химиялық құрамға ие болатын сол геологиялық құрылымнан түседі. Судың химиялық құрамының қалыптасуы түрлі сызатты жүйелерде жүргендіктен, әр түрлі штольнядан түсетін ағындардың құрамында кейбір ерекшеліктер байқалады. Мысалы, 504 штольнядан қарқынды сульфатты су түседі, 511 штольнядан - қалыпты сульфатты, 506 штольнядан – әлсіз сульфатты, ал 152 штольнядан – гидрокарбонатты су түседі. Сульфатты типтес сулар басым, сульфатты-гидрокарбонатты және гидрокарбонатты типтер сирек кездеседі. Катиондардан көбінесе кальций басым болып келеді, сілтілі катиондардың: натрий және калийдің басым болуы сирек. Порталдарға түсетін судың химиялық құрамы штольнялардың кеңістікте орналасуына байланысты емес.

Жалпы минералдану көлемнің химиялық құрамнан бағыныштылығы анық көрінеді. Сульфатты типті суда минералдану гидрокарбонатты сулардағыға қарағанда көп жоғары (1,0–1,2 г/л дейін). Жоғары минералданған сызатты сулар құрамында жеңіл сілтіленетін күкірті бар минералданған геологиялық жүйелерде қалыптасады. Дегелеңнің шегінде құрамында пириттің көп мәні бар осы сияқты минералданған аймақтар бар. Сонымен, штольняларға жергілікті құрылымдарда қалыптасатын сызатты сулар көп түседі және тек жеке жағдайларда аймақтық жүйеден түскен ылғалды болжауға болады.

Аймақтық жүйе суының құрамы туралы 385 өздігінен төгілетін ұңғымаға және сызатты сулардың жоғары көздері ретінде берілген бұлақтардың суларына қарап айтуға болады. Бұл көздердің суы өте төмен минералданумен (0,1–0,2 г/л) және и сульфатты-гидрокарбонатты немесе гидрокарбонатты құраммен, жойылатын қаттылықтың тұрақтыдан басым болған кезіндегі судың өте төмен қаттылығымен сипатталады. 3089 және 251 бұлақтар алаңның солүстік батыс бөлігінде орналасқан, 163 бұлақ орталық бөлікте, ал өздігінен төгілетін 385 ұңғыма таулардың оңтүстік баурайын сипаттайды. Сонымен, аймақтық жүйеден түсетін су көздері алаңның түрлі бөліктерінде орналасқан. Алайда, барлық көздердегі кейбір өзгешеліктері болса да судың химиялық құрамы өте жақын. Мысалы, 385 ұңғыма суында гидрокарбонатты анионның үнемі азаюы байқалады, бұл, бәлкім, Дегелең таулы бөлігіндегі сүзгілеу аумағынан судың түсуінің күшеюіне байланысты.

Химиялық құрамы бойынша ұқсас су 176 штольняға түседі және 506, 707 және 609 штольнялардан ағатын ағындардың суы құрам бойынша біраз жақын. Штольнядан ағатын ағындардың көбінде су сульфатты құрамымен сипатталады. Бұл кезде жалпы минералдану жоғары болған сайын, сульфатты анионның құрамы да соншалықты жоғары болады.

Сонымен, минералдану және штольнядан ағатын судың химиялық құрамы жергілікті сызатты құрылымдарда қалыптасады. Құзды бедердің болуы және топырақ-өсімдік қабатының болмауы жағдайында судың химиялық құрамы сыйдыратын жыныстардың минералды құрамына толықтай байланысты. Бұл сулардың аймақтық бассейнге түсуі кезінде химиялық құрамның нивелирлеуі жүреді.

Жербеткі ағындардың суы және алқаптардың топырақасты сулардың көптеген жағдайларда сульфатты типі басым және химиялық құрамы бойынша штольнялардан аққан ағынға жақын. Әр алқаптағы топырақасты суларының химиялық құрамы кейбір өзгеше ерекшеліктерімен сипатталады. Ұзынбұлақ бұлағы алқабында топырақасты және жербеткі сулар Ca^{2+} катионы басым сульфатты типке жатады. Топырақасты суларының минералдануы 0,7–1,2 г/л шегінде құбылады, ал жербеткі ағындар суларының минералдануы 0,5 г/л. Алқаптың оң қапталына (13 ұңғыма) жақын орналасқан арнаның тікелей астында топырақасты сулардың минералдануы 0,9 г/л, ал алқаптың орталық бөлігінде – 0,7 г/л құрайды. Алқаптың сол қапталына жақын 11 ұңғымамен аса жоғары минералдануы (2,87 г/л) және сульфатты анионның 87 % мг-экв дейінгі құрамы бар тұрып қалған топырақ сулары ашылған.

Қарабұлақ бұлағы алқабындағы топырақасты сулары оның оң ағынының (14 ұңғыма) суларының (1 және 2 ұңғымалар) және жоғары минералдануы бар (1,0–1,28 г/л). Бұл сулар сульфатты типке жатады. Сынамаларды іріктеп алу жүргізілген ұңғымалар таулардың солтүстік баурайынан көптеген қашықтыққа алыстаған (2,5–4 км). Мұнда бедер топырағының тұздануы байқалады, бұл сулардың жоғары минералдануын анықтайды.

Тұщылау топырақасты сулары (0,47 г/л) Дегелең тауларының оңтүстік бөлігінде бастау алатын Байтілес бұлағы алқабында (6 ұңғыма) табылған. Мұнда жерасты сулары аймақтық бассейнінің деңгейі күндізгі жер бетіне жақын орналасқан, бұл өздігінен төгілетін ұңғыманың бар екендігін дәлелдейді. Аймақтық бассейннің сызатты сулары сияқты топырақасты суларының гидрокарбонатты типі бар. Топырақасты суларының негізгі көздерінің рөлін аймақтық бассейн атқаруы мүмкін.

Дегелең тауларының батыс баурайында Сары-Өзен бұлағының оң ағыны бастау алады. Бұл алқапта үстіңгі ағын жоқ. Топырақасты сулары алқапта көлденеңінен орналасқан барлық үш ұңғымада байқалады. Судың минералдануы біраз шектерде 0,72–0,75 г/л құбылады және сульфатты типке (7 және 8 ұңғымалар), сирек – гидрокарбонатты-сульфатты типке жатады (9 ұңғыма). Химиялық құрамы бойынша бұл алқаптағы топырақасты сулары штольнядан шыққан су ағындарына сәйкес келеді.

26-кестеде берілген штольня суларының микроэлементті құрамында біршама айырмашылықтар байқалады.

26-Кесте

Кейбір су шыққан штольнялардың жербеткі суларының микроэлементті құрамы

Іріктеп алу орны	Fe	Cu	Zn	Mo	Sr	Be	Al	Mn	Ba	Li
	мкг/л									
165 шт.	95	20	62	76	266	<ПО	<ПО	20	16	48
176 шт.	36	3	52	207	139	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	24
609 шт.	26	3	<ПО	202	145	<ПО	<ПО	<ПО	19	26
104 шт.	25	<П	<ПО	991	384	10	<ПО	16	14	58
177 шт.	55	<П	<ПО	531	347	<ПО	<ПО	<ПО	16	48
511 шт.	64	32	1000	<ПО	448	61	<ПО	3000	27	44
504 шт.	274	<П	8000	18	784	445	1500	87000	57	119
503 шт.	53	11	180	21	598	14	<ПО	1200	30	53
А-1 шт.	342	25	1500	42	878	108	1600	12000	51	78
ШРШ, мкг/л	300	1000	5000	240	7000	0,2	500	100	100	3

Судың көптеген үлгілерінде мырыш, молибден, марганецтің шоғырлануының көптеген мәндері байқалады. Микроэлементтер шоғырлануының максималды мәндері А-1 және 504 штольняларының суында байқалған. Әсіресе бериллийдің ШРШ біршама артық өте үлкен шоғырлануын атап өту керек [15]. Кейбір микроэлементтердің көбірек шоғырлануы көп дәрежеде сыналған ядролық құрылғылардың түбегейлі ерекшеліктеріне қарағанда таулы массивтің геологиялық құрылыс ерекшеліктеріне әсерін көрсетуі мүмкін. Судың анионды-катионды және радионуклидті құрамы бойынша алынған нәтижелердің талдамасы әзірге олардың арасындағы корреляциялық бағыныштылығын анықтаған жоқ [1, 7, 8].

3. ДЕГЕЛЕҢ ТАУЛЫ МАССИВІНЕН ТЫС ЖЕРАСТЫ СУЛАРЫ ЖАҒДАЙЫНЫҢ ДАМУЫН БОЛЖАУ

Дегелең таулы массивінің гидрогеологиялық жағдайы мен геодинамикалық жай-күйіне жүргізілген талдама радионуклидтердің жерасты суларымен жылыстау жағдайлары туралы келесідей қорытынды жасауға мүмкіндік береді.

Дегелең массивінің гидрогеологиялық жағдайлары орталық-қазақстандық ұсақ шоқылы аумақтарына тән. Атмосфералық жауын-шашындардың аз мөлшері (жылына 170–460 мм, көпжылғыорташа – 263 мм, суы мол жылы – 382 мм, суы

аз жылы – 221 мм), тіпті борпылдақ (инфильтрацияның қолайлы жағдайлары) әлсізсіңіргіш шөгінділердің тұтас жамылғысы болмаған кезде, сол сияқты жоғары техногенді сызаттану жағдайларында жерасты сулары табиғи қорының шектеулі мөлшерін қалыптастырады. Палеозой жыныстарындағы біртіндеп дамыған сызатты жерасты сулары көп табиғи қор (статикалық, сыйымдылықтық) жасамайды. Табиғи жағдайларда тектоникалық бұзылулар аймағы және деформацияларға әр түрлі қарсы тұруы бар жыныстардың байланыс аймағы жоғары сусіңіргіштігімен ерекшеленеді. Қуатты техногенді әсер жағдайында мұндай аймақтар одан да көбірек бұзылған және су өткізгішке айналды. Нәтижесінде бұл аймақтар сызатты сулар үшін шым ретінде болады, аймақтардың төмендеген орындарында ылғал сүйгіш өсімдіктері бар салыстырмалы көлемді телімдерді жасай отырып, жерасты ағындарын жердің бетіне шығаруы жүзеге асады. Нақты осында, құрғақ желді ауа райы жағдайында жерасты суларының өсімдіктермен транспирациялану және булану үшін шығынданууы жүзеге асады.

Қазіргі уақытта бар радиоактивті өнімдердің ЖЯЖ орталық аймақтарынан жерасты суларымен тұрақты су шыққан штольнялар (№№ 503, 504, 511, 609, 165, 104, 176 және 177) үшін жылыстауы бойынша болжамды бағалау келесі түрде беріледі.

ЖЯЖ радионуклидтердің газдық жылыстау фазасының аяқталуы бойынша жерасты сулары орталық аймағынан шыққан негізгі жылыстау агенті және радионуклидтердің иесі болып табылады. Бұл жерде радионуклидтердің екі негізгі көзі бар. Біріншісі – бұл массивтің ұсатылған жынысы мен сызаттарында оқшауланған радиоактивті аэрозолды-шаңды құрауыш. Екінші көзі – бұл құрамында ^{90}Sr, ^{137}Cs негізгі үлесі және $^{239+240}Pu$ барлығы дерлік бар радиоактивті шынышлактәріздес жыныс. Семей полигонындағы штольняларды және бейбіт ЖЯЖ нысандарының басқа штольняларын көп жылғы бақылау судағы радионуклидтердің шоғырлануы жарылыстан кейінгі алғашқы біраз жылдар ағымында өседі, ал сосын аэрозолды-шаңды көздің азаюына да, сол сияқты радионуклидтің ыдырауына да байланысты біртіндеп төмендейтініне дәлел болады. Жыныстың қатып қалған радиоактивті балқуынан радионуклидтердің жылыстауының радионуклидтердің бірінші көзден жылыстауынан айырмашылығы іс жүзінде алғашқы жылдарда, және он жылда маңызсыз, өйткені радионуклидтердің сілтіленуі 10^{-3}–10^{-7} г/см^2×күн коэффициенттерімен жүреді және бұл кезде аталған көздің тиесілі беті тағы да бірінші көзге (ұсатылу аймағындағы жыныс) қарағанда біраз төмен.

Радионуклидтердің таулы массивтен жылыстауының аталған үлгісі үшін келесі жағдайлар қабылданды:

- радионуклидтер таулы жыныстың қатып қалған балқуында жиналған, бұзылу аймағында пайда болған сызаттар бетінде және құлау бағаны жыныстары сынықтарының бетінде тараған;
- жерасты сулары атмосфералық жауын-шашындар сызаттар жүйесі бойынша ұсатылу, сызаттану аймағына және тікелей қуысқа түседі.

Алғашқы уақытта радионуклидтердің су қозғалатын каналдардың қабырғаларындағы сіңірілу есебінен таулы жыныстарда қайта таралуы жүреді. Егер қозғалыс каналдары өзгермесе, онда біраз уақыттан соң каналдардың беті радионуклидитерге толады және сулы және қатты фаза арасында квази тепе-теңдік жағдайы орнайды.

Қабылданған үлгіге арналған теңдеу жүйесі:

$$\begin{cases} \dfrac{dA_p}{dt} = -\left[\lambda + \dfrac{k \cdot \dfrac{M_h}{V}}{1 + k \cdot \dfrac{M_h}{V}} \cdot \dfrac{v_i}{V} \right] \cdot A_p \\ \dfrac{dA_m}{dt} = -(\lambda + k_m) \cdot A_m \\ \dfrac{dA_c}{dt} = -\left(\lambda + \dfrac{v_o}{V} \right) \cdot A_c + \left[\dfrac{k \cdot \dfrac{M_h}{V}}{1 + k \cdot \dfrac{M_h}{V}} \cdot \dfrac{v_i}{V} \right] \cdot A_p + \dfrac{k_m}{1 + k \cdot \dfrac{M_h}{V}} \cdot A_m \\ \dfrac{dV}{dt} = v_i - v_o \end{cases}$$

, бұл жерде:

t – уақыт;

A_p – құлау бағаны мен ұсатылу аймағы материалында сіңірілген нуклидтің белсенділігі;

A_m – балқудың құрамында бар нуклидтің белсенділігі;

A_c – сұйық фазаның құрамында бар нуклидтің белсенділігі;

λ –радиоактивті ыдыраудың константасы ;

M_p – құлау бағанындағы жыныстың массасы;

k – нуклидтің таралу коэффициенті (м^3/кг);

k_m –нуклидтің балқудан сілтілену коэффициенті (1/жыл);

V – сұйық фазаның көлемі (м^3);

v_o – қуыстан аққан судың жылдамдығы (м^3/жыл);

v_i – қуысқа ағатын судың жылдамдығы (м^3/жыл).

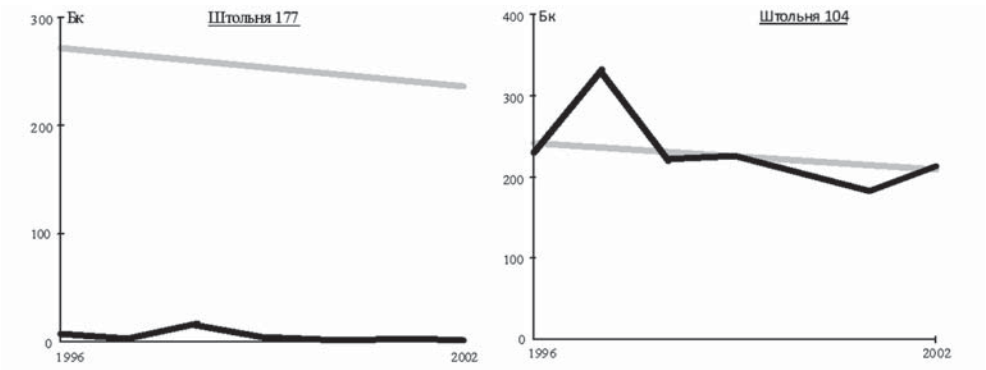
Жүйенің бірінші теңдеуі құлау бағаны мен ұсатылу аймағындағы нуклид белсенділігінің өзгеруін көрсетеді, екіншісі – нуклидтің ыдырауы мен сілтіленуі салдарынан ыдырау белсенділігінің азаюы, үшіншісі – қуыстың сұйық фазасында орналасқан нуклид белсендігінің өзгеруі, төртіншісі – ағып келген және ағып кеткен сулардың арасындағы өзгеріс есебінен қуыстың сұйық фазасы көлемінің жылдамдығы.

Радионуклидтердің штольня суларымен шығарылу үлгісі Visual Basic 6 бағдарлама тілінде жүзеге асты. Және COM-технологиялар ArcObjects көмегімен географиялық ақпараттық жүйесіне (ГИС) ArcView/ArcInfo, ArcMap 8.3 қосымшасына енгізілген. Дифференциалды теңдеу жүйесі Рунге – Кутта әдісімен шешілді. Үлгінің бағдарламалық болжамы екі модульден тұрады: радионуклидтердің штольнялардан шығарындысын есептеп шығару және алынған нәтижелерді тәжірибелік деректермен салыстыру.

Есептеуді жүргізу үшін алғашқы деректер ретінде: сынақ жүргізілген күн, жарылыс қуаты, шығынның жылдық орташа жылдамдығы және болжау күні таңдап алынды. Үлгінің барлық параметрлері ҚР ҰЯО АЖТ деректер базасында сақталады, іске қосылған кезде инициализацияланады және «Үлгі параметрлерін түзету» формасын қолдана отырып, тура есептеп шығару алдында өзгертілуі мүмкін.

Есептеу кезінде 1996 ж. бастап, жылдық орташа тәжірибелік деректері бар ағып шығу жылдамдығының орташа мәндері пайдаланылды. Есептеулер көрсеткендей, ^{90}Sr және ^{137}Cs шоғырлануы уақыттың алғашқы сәтінде максималды мәндер қабылдайды (жарылыс қуысының бірінші рет сумен толуының аяқталуына физикалық түрде сәйкес келетін) және сосын баяу түседі. Радионуклидтердің сондай қалпы оның құлау бағаны мен ұсатылу аймағындағы қайта сіңірілу процестеріне, соның нәтижесінде, шаңды-аэрозолды көздің азаюына байланысты. Тәжірибе түрінде мұндай құбылыс жарылыстан кейінгі алғашқы жылдарда, қуыстың сумен толуының аяқталу сәтінен соң байқалады.

Алынған нәтижелерді екі топқа бөлуге болады (33-сурет). 104, 165, 503 және 609 штольнялар үшін үлгілеу нәтижелері тәжірибелік деректермен жақсы сәйкеседі. Мұны іс жүзінде штольнядан ағатын судың барлық көлемі құлау бағаны мен ұсатылу аймағын және сызаттануды қоршап тұрғандығымен түсіндіруге болады. Қалған штольнялар үшін (176, 177, 511) есептеулер мен тәжірибелік деректер арасында өзгешелік бар.



33-Сурет. Тәжірибелік (қара сызық) және есептік деректерді салыстыру

Үлгілеу мен тәжірибелік деректер нәтижелерінің өзгеше болуы сызатты сулар мен атмосфералық жауын-шашындардың есебінен пайда болатын су айналымының жүйесін қалыптастырудың толық зерттелмеген механизміне байланысты болуы мүмкін. Бұл жүйенің қалыптасуы осы уақытқа дейін аяқталған жоқ, сондықтан су ағындарының жоғалуы мен олардың қарқындылығы өзгеруі мүмкін.

Сонымен, қазіргі білім мен деректер негізінде жасалған алдын ала болжамды бағалаулар көрсеткендей, ЖЯЖ орталық аймақтарынан тыс шығатын Дегелең таулы массивінің жерасты суларында күрт өзгерістер болмаған кезде ^{90}Sr және ^{137}Cs шоғырлануының баяу азаюы және $^{239+240}Pu$ шоғырлануының 100 жыл ағымында әлсіз ұлғаюы жүзеге асады [1, 2].

Сонымен, техногенді радионуклидтердің жербеткі және жерасты суларымен жылыстау нәтижесінде радиоактивті өнімдердің ЖЯЖ орталық аймағынан таулы массивтің шеткі бөлігіне біртіндеп қайта таралуы жүзеге асады. Бұл кезде радионуклидтердің Дегелең таулы массивінен тыс сызатты-арқаулы сулармен құлдырау бұзылуларының аймағы бойынша көптеген қашықтыққа жылыстауы мүмкін. Сонымен, радионуклидтердің жерасты суларымен Дегелең таулы массивінен тыс шығарылу

процесі қазіргі уақытта радиоэкологиялық жағдайдың Дегелең таулы массиві шегінде, сол сияқты оның шекарасынан тыс қалыптасуының негізгі факторларының бірі болып табылады. Бұл кезде ^{3}H жерасты суларымен жылыстау сипатын зерттей отырып, ^{137}Cs, ^{90}Sr және $^{239+240}$Pu сияқты техногенді радионуклидтердің жылыстауының болжамды негізгі жолдары туралы айтуға болады [2, 3].

ҚОРЫТЫНДЫ

Дегелең таулы массиві шегінде келесі негізгі су жүйелері бар:

- аймақтық бассейннің сызатты сулары;
- атмосфералық жауын-шашындардың сүзгілену аймағының сызатты сулары;
- аллювиалды шөгінділердің саңылаулы сулары;
- жербеткі ағындардың сулары.

Аймақтық бассейннің сызатты суларының жер қойнауында тегістей таралуы бар және аймақтағы судың негізгі көзі болып табылады. Дегелең таулы массивінен тыс осы сулардың деңгейі қоршаған төңірекке қарағанда жоғары. Сондықтан бұл жерде аймақтық бассейн толуы басым жүреді.

Атмосфералық жауын-шашындардың сүзгілену аймағы Дегелеңнің орталық таулы бөлігіне орайластырылған және аймақтық су бассейні мен жер бетінің деңгейі арасында тұр. Осы аймақтардың шегінде штольня кешені орналасқан, кешен арқылы аймақтық бассейнді толтыратын сулардың көптеген бөлігінің жер бетіне түсуі жүзеге асқан. Аллювиалды шөгінділердің топырақасты сулары бастауын Дегелең тауынан алатын алқаптарда кеңінен таралған. Олардың көзі - атмосфералық жауын-шашындар мен сызатты сулар.

ЖЯЖ жүргізу таулы жыныстар массивінің ауқымды деформациялануына әкелді, бұл кезде көптеген ұсатылу аймақтары, терең шұңқырлар және үңірейген сызаттар пайда болды. Оның нәтижесінде таулы жыныстардың сіңіргіштігі көп ұлғайды, бұл бәсеңдейтін сүзгіленудің күшеюіне және жербеткі су ағындарының жерасты ағындарына бөлшектеп ауысуына мүмкіндік туғызды.

ЖЯЖ жүргізу нәтижесінде жерасты суларының тізбекті ағындарының түбегейлі қайта таралуы мен қозғалысы бағыттарының қайта бағдарлануы жүзеге асты. Бұлақтардың жоғалуы, түбегейлі жаңа бұлақтардың, сондай-ақ маусымдық сипатты бұлақтардың пайда болуы байқалған. Штольняларды жабу нәтижелерінде судың радиоактивті ластанған штольнялардан күндізгі жер бетіне шығуы азайды, бұл телімдегі экологиялық жағдайлардың жақсаруына себепші болды. Қазіргі уақытта судың тұрақты ағындары 8 штольнялардың порталдарында байқалған. Таулы массивтің негізгі жербеткі су ағындары – Ұзынбұлақ, Қарабұлақ және Байтілес – маусымдық сипатқа ие.

Зерттеулер көрсеткендей, жерасты сулары Ұзынбұлақ телімінде – оңтүстік-шығыс, Қарабұлақ телімінде – солтүстік-шығыс және Алтыбай телімінде – оңтүстік-батыс бағытта сүзіледі. Ширек шөгінділер сулы көкжиегі тәжірибелік-сүзгілену жұмыстарының нәтижелері бойынша су сіңіргіш жыныстарды әлсіз сіңіргіш және тым әлсіз сіңіргіш деп жіктеуге болады. Тау арасындағы алқаптардағы жерасты суларының деңгейі 0-ден 6 м дейінгі тереңдікте орналасқан. Тау төңірегінен тыс деңгей 12 м дейін төмендейді.

Минералдану және штольнялардан түсетін судың химиялық құрамы әр жеке ағындағы жоғары тұрақтылықпен сипатталады және инфильтрация процесінде геологиялық құрылымдарда жалпы минералданудың қалыптасуы туралы дәлел болады. Аймақтық бассейннің сызатты суларының төмен минералдануы және гидрокарбонатты-сульфатты құрамы бар, бұл оларды көптеген штольнялардан шығатын ағындар суынан ерекшелейді.

«Дегелең» сынақ алаңындағы жерасты және жербеткі сулардың радиоактивті ластану процесі жалғасуда, және осы уақытта салыстырмалы түрде тұрақты сипатты. Техногенді радионуклидтердің жерасты сулары ағындарымен Дегелең таулы массивінен тыс таралуы түрлі сипатқа ие. Көптеген белгіленген жағдайлар кезінде жылыстау жолдары арқаулы (тортәріздес) түрі бар, сирек оқшаулы телімдерде жерасты суларының ластануы орын алады. Бұл кезде ластанған жерасты суларының негізгі ағындары уақытша және тұрақты жербеткі су ағындар арнасына орайластырылған.

^{3}H тек «Дегелең» алаңында ғана емес, сондай-ақ оның шекарасынан тыс та су ортасының негізгі радиоактивті ластаушысы болып табылады. Дегелең таулы массивінен тыс техногенді радионуклидтердің (^{3}H басқа) шоғырлану деңгейінің радиациялық қауіпі жоқ және ауыз су үшін рауалы мәндерден аспайды. Саңылаулы сулар көп мөлшерде, әсіресе, тритиймен ластанған. Сызатты сулардың тритиймен ластануы, негізінен, саңылаулы сулармен өзара байланысы бар телімдердің геологиялық құрылысы мен гидрогеологиялық жағдайларына тәуелді.

Бұлақ суларындағы ^{90}Sr жоғары шоғырлануының болуына назар аударған жөн. Бұл жағдайда біз қандай да бір нақты штольняларға орайластырылған ағындарын емес, «интеграл» су ағындарын қарастырамыз. Бұл кезде ^{90}Sr тиесілі белсенділігі ^{137}Cs шоғырлануының рауалы жоғары мәндері орын алған, ал бұлақ суларында ^{137}Cs жоқ штольняның су шыққан порталдарында біз бақылаған деңгейге шамалас. Бұлақтардан басқа ^{90}Sr жоғары жылыстау қасиеттері саңылаулы суларда да, сол сияқты сызатты суларда да бұрғыланған ұңғымалар қатарында байқалған. Радиациялық қауіпсіздік тұрғысынан байқалған деңгейлер қауіпсіз, бірақ ^{90}Sr жылыстауының болжамды бағалау тұрғысынан бұл деңгейлер өте жоғары. Жоғарыда атап көрсетілген ерекшеліктер сызатты-арқаулы сулармен ^{90}Sr жылыстауының болуы туралы болжауға негіз береді. Жерасты суларының бұл типі құлдырау бұзылулар аймақтарына орайластырылған, қоршаған таулы жыныстардың сызатты суларына қарағанда ауысудың өте жоғары жылдамдығы бар. Құзды тау жыныстарының борпылдақ жыныстарға қарағанда сіңіргіштік сыйымдылығы аз деп есептесек, осы радионуклидтің Дегелең таулары шекарасынан көптеген қашықтықта пайда болуын күтуге болады.

Болжамдық бағалаулар ЖЯЖ орталық аймағынан тыс шығатын Дегелең таулы массивінің жерасты суларында күрт өзгерістер жоқтығынан ^{90}Sr және ^{137}Cs шоғырлануының баяу азаюы және $^{239+240}$Pu шоғырлануының әлсіз ұлғаюы жүзеге асатынын көрсетті.

Мақала авторлары ҚР Ұлттық ядролық орталығының қызметкерлері В.Н.Деминге, С.А.Барановқа қор және мұрағат құжаттарын ұсынғаны үшін; Геофизикалық зерттеулер институтының қызметкерлері В.Е.Коноваловқа, Е.Ю.Пестовқа, А.Н.Дроздовқа штольнялық су ағындарының мониторингі бойынша жұмыстарды ұйымдастырғаны және жүргізгені үшін; Радиациялық қауіпсіздік

және экология институтының қызметкерлері В.А.Ульянкинге, В.А.Коровинге экспедициялық жұмыстарды атқарғаны үшін, О.В.Кузевановаға, Н.А.Елизарьеваға, Е.А.Еременкоға, С.А.Барсуковаға тақырып бойынша деректерді өңдеп, жүйелегендері үшін алғыстарын білдіреді. Авторлар ҚР ҰЯО ЯФИ қызметкерлері ИЯФ НЯЦ РК Д.А.Желтовқа және П.В.Харкинге ^{99}Тс және ^{36}С бойынша деректер ұсынғаны үшін ерекше алғыстарын білдіреді.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. *С.Б. Субботин.* Бұрынғы Семей сынақ полигоны аумағындағы жерасты және жербеткі сулардың радиоактивті ластануының кейбір ерекшеліктері / С.Б. Субботин, С.Н. Лукашенко [және басқалары]. // Орталық Азиядағы радиациялық қатерлер: НАТО семинарындағы баяндама , 20-22 маусым. – Алматы: ЯФИ, 2006.
2. Қазақстан Республикасы Дегелең таулы массиві 30 штольня порталдарындағы радиологиялық зерттеулер: қорытынды есеп / басш. Ю.В. Дубасов [және басқалары]. - С.-Петербор, 1996.
3. *С.А. Баранов.* Радионуклидтердің жерасты суларымен Дегелең таулы массивінен тыс шығарылуының болжамы / С.А. Баранов, С.А. Березин [және басқалары]. // Ядролық және радиациялық физика: V халықаралық конференциядағы баяндама, 26-29 қыркүйек. - Алматы: ЯФИ, 2005, ЯФИ.
4. ҚСРО ҚМ 905 нысанының инженерлік-геологиялық жағдайлары: 1:200000 ауқымды инженерлік-геологиялық түсірудің нәтижелері туралы есеп / басш. И.Ю.Бардина, С.И.Ветрова [және басқалары]. – 1976.
5. Қазақ КСР геологиялық картасы. Шығыс-Қазақстандық серия. Ауқым 1:500 000: түсініктеме хат. - Алматы, 1979.
6. Семей сынақ полигоны. Құрылуы, қызметі, конверсиясы / В.С.Школьниктің басш. авторлар ұжымы. - А.: Қазақстан, 2003 .
7. ҚР ҰЯО ГЗИ-ның DTRA –0023/2 келісімшарты бойынша есептері. – Курчатов.
8. «Бұрынғы Семей сынақ полигонының қауіпсіздігін қамтамасыз ету» 011 бағдарламасы бойынша есептер. - Курчатов.
9. ССП аумағы солтүстік бөлігінің кешенді экологиялық зерттеу материалдары. – 1 басылым. – Курчатов, 2010.
10. *Violet C.E.* Mining Congr. J. – 1960. – 3. - 79-83.
11. *Johnson G.W.* Mining Congr. J. – 1958. – 11. - 78.
12. *Johnson G.W.* Underground Nuclear Detonations / G.W. Johnson, G.H. Higgins, C.E. Violet, G.W.,Johnson, G.H. Higgins, C.E. Violet //Geophys. Res. - 1959. – 64. – 10. – 1457.
13. Бұрынғы Семей сынақ полигоны аумағындағы жерасты сулары жағдайының мониторинг жүйесін ұйымдастыру: МНТЦ К-893 жобасы бойынша есептер/ орынд. С.Б.Субботин, Е.Ю.Пестов. - Курчатов, 2005.
14. Радиациялық қауіпсіздік нормалары (РҚН-99). Ресми басылым. – Қазақстан Республикасы Денсаулық сақтау істері жөніндегі агенттік, 1999.

15. Шаруашылық-ауыз су және мәдени-тұрмыстық супайдалану нысандарының суындағы химиялық заттектердің шекті рауалы шоғырлануы (ШРШ) және бағдарлы рауалы деңгейлері (БРД): СП 2.1.5.761-99 (ГН 2.1.5.689-98 және ГН 2.1.5.690-98 №1 Қосымша).

ПОДЗЕМНАЯ МИГРАЦИЯ ИСКУССТВЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ ЗА ПРЕДЕЛЫ ГОРНОГО МАССИВА ДЕГЕЛЕН

С.Б. Субботин, С.Н. Лукашенко, В.В. Каширский, Ю.Ю. Яковенко, Л.В. Бахтин

В статье представлены результаты исследования характера выноса техногенных радионуклидов с потоками подземных вод из мест проведения ядерных испытаний на площадке «Дегелен». На основных водных потоках проведены радиоэкологические исследования и оборудованы наблюдательные скважины для долгосрочного мониторинга состояния подземных вод. Получены новые данные об уровнях радиоактивного загрязнения подземных вод как в пределах горного массива Дегелен, так и за его границами. На основе полученных данных сделаны выводы о характере миграции техногенных радионуклидов с потоками подземных вод, проведена прогнозная оценка возможного хода развития радиоэкологической обстановки в районе горного массива Дегелен.

Ключевые слова: подземные воды, ядерное испытание, СИП, Узынбулак, Байтлес, Карабулак, Алтыбай, миграция радионуклидов, геологическое строение и гидрогеологические условия горного массива Дегелен.

UNDERGROUND MIGRATION OF ARTIFICIAL RADIONUCLIDES BEYOND THE DEGELEN MOUNTAIN RIDGE

S.B. Subbotin, S.N. Lukashenko, V. V. Kashirskiy, Yu.Yu. Yakovenko, L.V. Bakhtin*

The article reports on the investigation of the nature of carry-over of artificial radionuclides with groundwater from the nuclear test grounds at "Degelen" site. At the main water flows radiological research has been done and observation wells are equipped for long-term monitoring of groundwater. New findings on the levels of radioactive contamination of groundwater, both within the Degelen ridge and beyond its borders were obtained. Based on these data conclusions have been made on the nature of artificial radionuclides migration with the groundwater flow, prognostic assessment was carried out for the possible development of the radiological situation at Degelen mountains.

Keywords: groundwater, nuclear test, STS, Uzynbulak, Baitles, Karabulak, Altybay, migration of radionuclides, geological structure and hydrogeological conditions of Degelen ridge.

УДК 577.4:504.064:539.16

ДЕГЕЛЕҢ ТАУЛЫ МАССИВІНДЕГІ ШТОЛЬНЯЛАРДЫҢ ИНЖЕНЕРЛІК ҚҰРЫЛЫСТАРЫНА ҚОСЫМША ҚОРҒАУ ҚҰРУ БОЙЫНША ЖҮРГІЗІЛГЕН ЖҰМЫСТАРДЫҢ ПОРТАЛАЛДЫ ТЕЛІМДЕРДІҢ РАДИАЦИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙЫНА ӘСЕРІ

Т. В. Коровикова, В. Н. Дмитропавленко, Е. В. Мұстафина, А. Ю. Осинцев, Ю. Ю. Яковенко

Ядролық қаруды тарату қауіпін азайту мақсатындағы ядролық сынақтардың инфрақұрылымын жою бойынша жұмыстар аясында Семей сынақ полигоны Дегелең таулы массивінің 9 штольнясын қайтадан жабу жұмысы жүргізілді. Қоршаған орта нысандарының ахуалын бағалау, сондай-ақ аталған штольнялардың порталалды телімдеріндегі жүргізілген жұмыстардың кері әсерінің болу мүмкіндігін бағалау аталған радиоэкологиялық зерттеулер мақсаты болып табылады. Бақылаудағы әр штольняның порталалды телімдеріндегі радиоэкологиялық жағдайдың нәтижелері келтірілген.

Түйін сөздер: Семей сынақ полигоны, Дегелең таулы массиві, штольнялар, инженерлік құрылыстарға қосымша қорғау, радиоэкологиялық зерттеу, радиациялық жағдай, эквиваленттік доза қуаты, α-, β-бөлшектер ағынының тығыздығы, радионуклид, тиесілі белсенділік, алаңдық ластану.

КІРІСПЕ

1996 жылдан 2000 ж. аралығындағы кезеңде Семей сынақ полигонындағы барлық инженерлік құрылғыларда ядролық сынақтың инфрақұрылымын жою бойынша, сонымен қатар құрылғыларға рұқсат етілмеген енулерді жоққа шығару бойынша шаралар орындалған болатын. Дегелең алаңында орналасқан инженерлік құрылғылардың жай-күйіне 2001–2005 жж. жүргізілген зерттеу көрсеткендей, қазіргі уақытта инженерлік құрылғылардағы қорғаушы бөгеттерді бұзу немесе қопару фактісі бар. Жеке бір жерлерде аршып алынған металл құрылғыларында ядролық қызмет қалдықтарының (ЯҚҚ) іздері тіркелген.

Рұқсат етілмеген қопаруларға байланысты, ЯҚҚ қатерін төмендету үшін, инженерлік құрылғылардың қосымша қорғанысын іске асыруға шешім қабылданды. 2006 ж. қыркүйегінен 2009 ж. желтоқсан айына дейін қосымша 9 штольня жасалды.

Жұмыстардың бірінші кезеңінде далалық лагерь аумағында және жобаланған жұмыс алаңының периметрінің ішкі аумағына жақын жерде алдын ала радиоэкологиялық зерттеу жүргізілген болатын. Әрбір штольняның порталалды телімінде нысандардың радиациялық ахуалын анықтау бойынша зерттеулер жүргізілген болатын. Зерттеулерден алынған нәтижелерден қызметкерлердің қайта сәулеленуінің алдын алу үшін әрбір штольняда жұмыстарды жоспарлауға жеке келуге мүмкіндік берді.

Штольнядағы инженерлік жұмыстарды өткізу нәтижесінде болуы мүмкін әрбір нысанның аумағындағы радиациялық жағдайдың өзгеру мүмкіндігін анықтау үшін, бастапқы зерттеулерге ұқсас сұлба бойынша қорытынды радиоэкологиялық зерттеу жүргізілді.

1. АЛҒАШҚЫ АҚПАРАТ

Жұмыстар жүргізілетін аудан – Дегелең таулы массиві, күмбезтәріздес шамамен 18 км диаметрлі биіктік, деңгей айырмасы 300 м биіктікке дейін құбылады.

Географиялық жағдайы бойынша Дегелең таулы массиві бұрынғы Семей сынақ полигонының аумағының шегінде Қазақтың ұсақ шоқысының солтүстік-шығыс бөлігінде орналасқан.

«Дегелең» алаңындағы нысандарды орналасу сұлбасы және жұмыс басталғанға дейінгі штольнялардың порталының фотосуреттері төмендегі суретте көрсетілген (1-сурет).

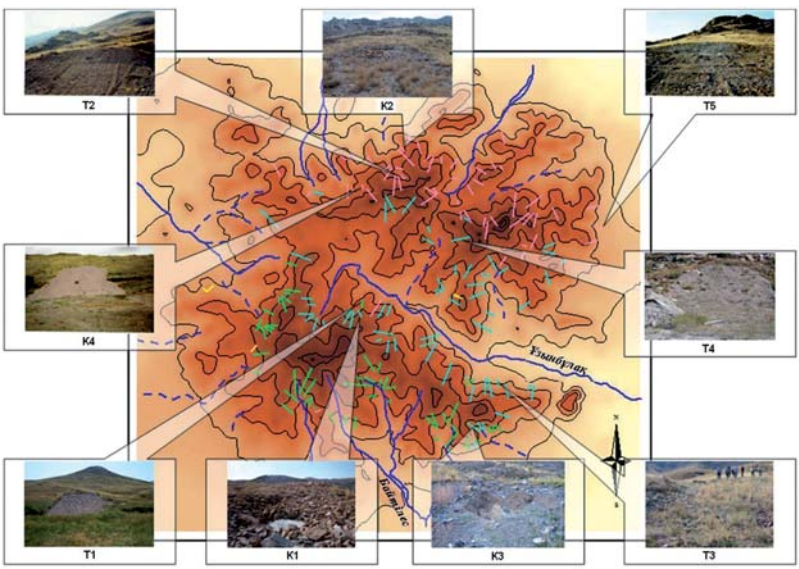
1.1. Инженерлік құрылыстарды қосымша қорғау әдісі (2006–2009 жж.)

Инженерлік құрылыстарды қосымша қорғау ғимараттарын құруға, ЯҚҚ рұқсатсыз алу мүмкіндігін жоққа шығаратын, штольняның қуысын байланыстырғыш материалдармен толтыру. Жоспарлау тапсырмасына қатысты алғашқы деректерге байланысты, қосымша қорғауды құру екі әдістермен іске асты:

- Таулы массивтің үстінен бұрғыланған – тік әдіспен, ұңғымалар арқылы қосымша инженерлік құрылыстарды құру (2-сурет);
- Штольнялардың таулы өндірісін – көлденең әдіспен, одан әрі өндіруге және құрылғылардың порталын қопару тәсілімен инженерлік құрылыстарды қосымша қорғау ғимараттарын құру (2-сурет).

Қосымша қорғанысты құру әдісіне байланысты, штольняларға шартты белгілер берілді:

- К1, К2, К3, К4 – қосымша қорғауды құрудың көлденең әдісі;
- Т1, Т2, Т3, Т4, Т5 - қосымша қорғауды құрудың тік әдісі.



1-Сурет. Дегелең алаңындағы штольнялардың орналасуы

а б

2-Сурет. Инженерлік құрылғыларды қосымша қорғаудың тік (а) және көлденең (б) әдістері

1.2. Радиоактивті ластану көзінің сипаттамасы

Зерттеліп жатқан штольняларда өткізіліп жатқан сынақтар бойынша әдеби зерттеулердің деректері [1, 2] төмендегі кестеде келтірілген (1-кесте). Шартты атаулары К1, К3, К4, Т3, Т4 болып келетін штольняларда бірнеше зарядтарды пайдалану арқылы топтық жарылыстар жасалды, олардың мақсаты: ядролық қаруды құру немесе жетілдіру (ЯҚЖ), іргелі және әдістемелік зерттеулер (ІӘЗ), апаттық режимді және апаттық жағдайларды зерттеу (АРЗ), ЯЖ зақымдау факторларын зерттеу және олардың әскери және азаматтық нысандарға әсер етуі (ЗФЗ).

1-Кесте

Дегелең таулы массивіндегі К1- К4, Т1- Т5 штольняларында өткізілген сынақтар жайлы ақпарат

Штольняның шифры	Өткізілген уақыты	Ядролық жарылыс қуаты, кт	Жарылыстың сипаты	Сынақты өткізу мақсаты	Радиациялық хал-ахуал
К1	23.11.88	20 дейін	Топтық ЯЖ ішінен 3 жарылыс	ЯҚЖ, ӘІЗ, АРЗ	ТКЖ
К2	06.06.87	20 дейін		ӘІЗ	ТКЖ
К3	20.11.81	20 дейін	Топтық ЯЖ ішінен 2 жарылыс	ЯҚЖ	ТЕКЖ
К4	30.01.74	20 дейін	Топтық ЯЖ ішінен 3 жарылыс	ЗФЗ	ТКЖ
	14.03.80	0,001 төмен		АРЗ	ТЕКЖ
	25.03.81	0,001 төмен		АРЗ	ТКЖ
	04.06.81	0,001 төмен		АРЗ	ТКЖ
Т1	30.03.83	20 дейін		ЯҚЖ	ТКЖ
Т2	17.02.89	20 дейін		ЯҚЖ	ТКЖ
Т3	03.04.87	20 дейін	Топтық ЯЖ ішінен 3 жарылыс	ЯҚЖ	ТЕКЖ
Т4	09.09.84	20 дейін	Топтық ЯЖ ішінен 4 жарылыс	ЗФЗ	ТКЖ
	18.09.87	20 дейін		ЗФЗ, АРЗ	ТКЖ

Штольняның шифры	Өткізілген уақыты	Ядролық жарылыс қуаты, кт	Жарылыстың сипаты	Сынақты өткізу мақсаты	Радиациялық хал-ахуал
Т5	05.01.76	20 дейін		ЯҚЖ	ТКЖ
	23.03.79	0,001 төмен		АРЗ	ТКЖ
	10.04.79	0,001 төмен		АРЗ	ТКЖ
	12.06.79	0,001 төмен		АРЗ	ТКЖ

ЯҚЖ - ядролық қаруды құру немесе жетілдіру
ІӘЗ - іргелі және әдістемелік зерттеулер
АРЗ - апаттық режімді және апаттық жағдайларды зерттеу
ЗФЗ - ЯЖ зақымдау факторларын зерттеу және олардың әскери және азаматтық нысандарға әсер етуі
ТКЖ - толық камуфлетті жарылыс, ТЕКЖ – толық емес камуфлетті жарылыс

Радионуклидтердің қалдықты белсенділігінің құрамы бойынша есептеулер жеке бір штольнялардағы барлық жарылыстарды болжау арқылы ұзақтығының бірлесуі 20 кт (20-40 кт бойынша екі жарылыс барысында) жасалған. Алайда, зарядының қуаты 20 кт болатын бір жарылыс болған жағдайда, қалған екі заряд бұзылып, бірінші жарылыстың әсерінен жан-жаққа лақтырылған болуы мүмкін. Бұл жағдайда, бөлінетін заттектің қалдықтарының белсенділігі қосымшада берілген мәннен бірнеше есе жоғары болуы мүмкін.

Жоғарыда аталған штольняларды зерттеген уақыт ішінде аталған жердің ^{235}U және ^{238}U табиғи аясынан аспайтын белсенділігінің тіркелген жағдайы болмағандықтан, барлық ядролық зарядтар ^{239}Pu негізінде жиналды. Бұл жағдайда зерттеліп жатқан штольнялардағы радиоактивті ластану көзі ^{239}Pu бөлінісінің жарықшақтары болып табылады, олар бөлінетін заттектің қалдықтары және белсендіру өнімдері.

^{239}Pu кенеттен бөлінуінен жарықшақтардың жаппай шығуы жақсы зерттелген және әдеби көздерде ұсынылған [3]. Осыны негізге ала отыра және жарылыс жайлы алғашқы деректерді пайдалана отырып, ^{239}Pu жарықшақтары бөлінісінің жартылай ыдырау кезеңін ескере отырып есептеулер жүргізілді, олардың жалпы белсенділігіне қосқан үлесі қомақты (3-сурет).

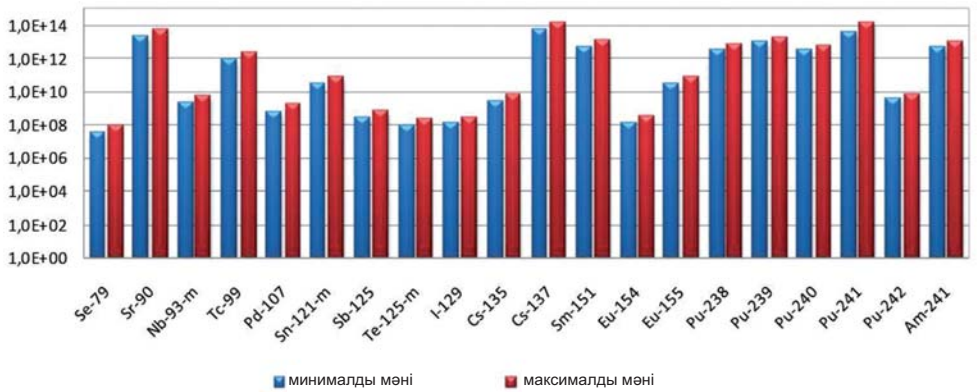
Ядролық зарядтың құрылғыларының бұзылу сәтіне қалған бөлінетін заттектің мөлшері ядролық жарылыстың тиімділігімен анықталады. Ядролық жарылыстың тиімділігі сынақтар өткізілген уақытқа байланысты, ядролық қондырғының түрі мен құрылысына байланысты 1-ден 30 %-ға дейін құбыла алады. Бөлінетін заттектің қалдықтарының мөлшерін есептеу үшін, осы жарылыс бойынша ақпараттың жоқтығына байланысты, тиімділігі 20 % тең етіп алынды.

Өткізілген теориялық есептеулер бойынша 1 кт жарылысқа, жарылыстан кейінгі уақыттағы t=0 кезеңде ^{239}Pu белсенділігі $4{,}8 \cdot 10^{11}$ Бк/кт-ны құрайды. Одан әрі, қарулық Pu құрамының изотопты қалыпты құрамын біле отырып, зарядтың заттегіне енетін оның изотоптарының басқа да белсенділігі анықталды (3-сурет).

Жалпыға белгілі нейтрондық белсенділік жөніндегі деректер бойынша, процесс барысында пайда болған изотоптардың белсенділігі жартылай ыдыраудың қысқаша кезеңінен тұрады. Сол себепті, жарылыстан кейінгі өткен уақыттың ұзақтығын ескере отырып, белсендіру өнімдерінің жалпы гамма-белсенділігіне үлесі өте аз. Жалғыз ғана

^{60}Co, ^{152}Eu, ^{154}Eu ерекшелікке ие, алайда олардың белсенділігін қазіргі уақытта есептеп шығару мүмкін емес. Сол себепті штольнялардың аумағынан әкелінген топырақтарға тәжірибелік сынақтар өткізу барысында аталған радионуклидтің орын алу мүмкіндігін ескеру қажет және штольнялардың аумағындағы оның ортақ радиациялық хал-ахуалға қосатын үлесін ескеру қажет.

Осылайша, аталған штольнялардың порталалды телімдерінде ^{90}Sr, ^{99}Tc, ^{137}Cs, ^{151}Sm, ^{241}Am радионуклидтерінің және плутоний изотоптарының жоғары құрамын күту қажет. Сезімталдылығы жоғары гамма-, бета-спектрометрлермен жабдықталған зертханаларда негізгі техногенді радионуклидтер: ^{90}Sr, ^{137}Cs, ^{241}Am құрамын сәйкестендіруге мүмкіндік береді. $^{239+240}$Pu құрамын анықтау алдын ала радиохимиялық дайындық жасау арқылы альфа-спектрометриялық қондырғылар көмегімен іске асады. ^{99}Tc және ^{151}Sm анықтау қазіргі уақытқа дейін ССП зерттеу барысында қарастырылған емес, себебі анықтаудың стандартты әдістемелерінің жоқ болуы, дегенмен аталған радионуклидтердің үлесі қомақты болып келеді. ҰЯО зертханалары іске асыратын, қоршаған орта нысандарында аталған радионуклидтерді анықтау әдістемесін әзірлеу, жақын болашақта полигон аумағында және «Дегелең» алаңында ^{99}Tc және ^{151}Sm құрамын бағалауға мүмкіндік береді.



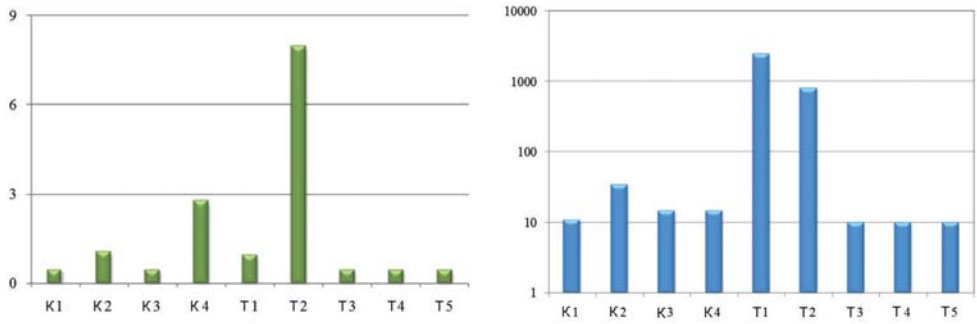
3-Сурет. «Дегелең» таулы массивіндегі К1- К4, Т1- Т5 штольняларында бөліну заттектерінің қалдықтары мен ^{239}Pu бөлінісі жарықшақтарының есептік белсенділігі, Бк

1999 ж. зерттеу нәтижелері бойынша порталалды алаңдардың аумағындағы радиациялық хал-ахуал.

1996 ж. мен 1998 ж. аралығындағы кезеңде аталған штольняларды жабу бойынша шаралар өткізілді. Одан кейін порталалды алаңдардың аумағындағы радиациялық хал-ахуалды нақтылау үшін 1999 ж. радиометриялық зерттеу жүргізілді.

Зерттеулерді 20х20 метр желісі бойынша ЭДҚ өлшеу жүргізе отырып, α- және β-бөлшек ағымының тығыздығы әрбір нүктеде өлшенді. Әрбір штольнядан 5 топырақ сынамасынан алынды.

Зерттеулер нәтижелері суреттерде көрсетілген (4-сурет, 5-сурет).



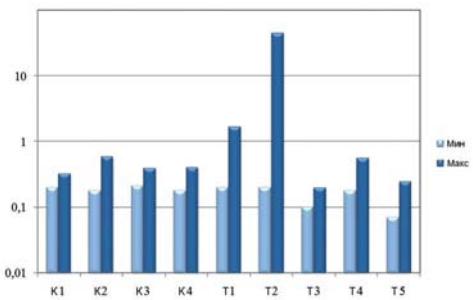
а б

4-Сурет. 1999 ж. штольняны зерттеу нәтижесі бойынша α- (а) және β-бөлшектердің (б) ағымының тығыздығының максималды мәні, бөлш/(мин·см^2)

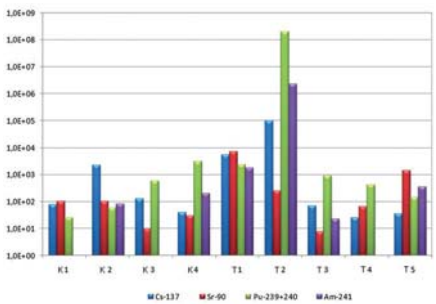
1999 ж. жүргізілген радиоэкологиялық зерттеулердің нәтижелері бойынша, радиациялық-қауіпті жағдай Т1 штольнясынан күтілді (β-бөлшек ағымының тығыздығы 2500 бөлш/(мин·см^2) дейін) және Т2 (ЭДҚ 45 мкЗв/сағ. дейін, α-бөлшек ағымының тығыздығы 8 бөлш/(мин·см^2) дейін). К1, К2, К3, К4, Т3, Т4, Т5 штольняларында радиациялық параметрлердің максималды бекітілген мәні рауалы мәннен асқан жоқ [4].

Зертханаларда жасалған зерттеулер талдамасының нәтижесіндегі, К1, К2, К3, Т4, Т5 штольнялардың порталалды телімдерінде жұмыстар өткізілген соң алынған топырақ сынамаларындағы деректе ^{137}Cs, ^{90}Sr, ^{241}Am және $^{239+240}$Pu радионуклидтерінің тиесілі белсенділігі аталған радионуклидтер үшін (ТБМБ ^{137}Cs – 1·10^4, ^{90}Sr – 1·10^5, ^{241}Am – 1·10^3, $^{239+240}$Pu – 1·10^3 Бк/кг, РҚН-99) ТБМБ деңгейінің нормативті деңгейінен асқан жоқ. Т1, Т3 және К4 порталалды штольняларының аумағында құрамы жоғары трансуранды радионуклидтермен ластанған радиоактивті ластанған телімдер анықталды. Штольняларды жапқаннан кейінгі радионуклидтердің тиесілі белсенділігінің максималды мәні суретте көрсетілген (6-сурет).

Т2 штольнясының порталалды телімі, 1999 ж. қорытынды зерттеулердің нәтижелері бойынша ең радиациялық қауіпті телім болып есептеледі. ^{137}Cs максималды құрамы 9,7·10^4 Бк/кг-ны құрады, $^{239+240}$Pu – 2,0·10^8 Бк/кг-ны, ^{241}Am – 2,3·10^6 Бк/кг-ны құрады. ТБМБ нормативті деңгейінің белсенділігі қомақты түрде екенін көруге болады.



5-Сурет. 1999 ж. штольняларда жүргізілген зерттеулердің нәтижелері бойынша ЭДҚ максималды және минималды мәні, мкЗв/сағ.



6-Сурет. 1999 ж. штольняларда жүргізілген зерттеулердің нәтижелері бойынша ЭДҚ максималды және минималды мәні, Бк/кг

1.3. 1999 ж. штольняларды зерттеу бойынша тұжырым

Қарастырылып жатқан аумақтардың порталалды телімдерінде ^{90}Sr, ^{99}Tc, ^{137}Cs, ^{151}Sm, ^{241}Am радионуклидтерінің құрамымен плутоний изотопының жоғары мәнін күтуге болады.

1999 ж. өткізілген далалық радиоэкологиялық зерттеулердің нәтижелерінде Т1 штольнясында (β-бөлшек ағымының тығыздығы 2500 бөлш/(мин·см^2) дейін) және Т2 (ЭДҚ 45 мкЗв/сағ. дейін, α-бөлшек ағымының тығыздығы 8 бөлш/(мин·см^2)) жоғары радиациялық-қауіпті жағдай орын алды. К1, К2, К3, К4, Т3, Т4, Т5 штольняларда радиациялық параметрлердің максималды бекітілген мәні рауалы мәннен асқан жоқ [4].

Зертханалық талдамалар нәтижелері бойынша, К1, К2, К3, Т4, Т5 штольняларының порталалды телімдерінде өткізілген жұмыстардан соң алынған топырақ сынамаларында ^{137}Cs, ^{90}Sr, ^{241}Am және $^{239+240}Pu$ радионуклидтерінің тиесілі белсенділігі ТБМБ нормативті деңгейден асқан жоқ [4]. Т1, Т3 және К4 штольняларының порталалды аумақтарында трансуранды радионуклидінің құрамымен жоғары деңгейде радиоактивті ластанған телімдер анықталды. Т2 штольняларының порталалды телімдеріндегі соңғы зерттеулердің қорытындылары бойынша радиациялық қауіптілігі жоғарылау.

2. ҚОСЫМША ҚОРҒАНЫС ҚҰРУ БОЙЫНША ЖҰМЫСТАРДЫ ӨТКІЗУ БАРЫСЫНДАҒЫ РАДИАЦИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙДЫ ҚАЛЫПТАСТЫРУҒА ӘСЕР ЕТЕТІН НЕГІЗГІ ФАКТОРЛАР

Радиациялық жағдайдың қалыптасуына әсер ететін факторларды қосымша қорғанысты құру бойынша, қосымша қорғанысты құру түріне байланысты 3 топқа бөлуге болады:

- қосымша қорғауды қажет етпейтін ортақ факторлар;
- тік әдіске тән факторлар;
- көлденең әдіске тән факторлар.

2.1. Ортақ факторлар

Радиациялық жағдайдың қалыптасуына әсер етпейтін факторларға жұмыс алаңының беткі радиоактивті ластануын айтуға болады. Аталған ластану көптеген жылдар бұрын (сынақтарды өткізу) қалыптасуы мүмкін еді және алдын ала зерттеу сатыларын анықтауға болатын еді. Бұл жағдайда аталған фактордың жұмысшы қызметкерлеріне (зарарсыздандыру, таза топырақты төгу және т.б.) әсер етуін болдырмау (төмендету) үшін лайықты шаралар жүргізіледі. Осымен қатар, аталған ластану алаңда жоспарлау жұмыстарын жүргізу барысында аталған жоспарлау қалыптасуы мүмкін, егер жоспарлау барысында қомақты радиоактивті ластану орын алған үйінділер (ернеулер) қопарылған болатын.

Радиациялық жағдайға сонымен қатар жақын жерде орналасқан радиоактивті қауіптілігі жоғары телімдер өз әсерін тигізуі мүмкін (басқа штольнялардың ластанған порталалды телімдері, беткі қабаты радиоактивті ластану деңгейі жоғары үйінділер мен ернеулер). Екінші қайта ластану зардабынан (тиесілі белсенділігі жоғары радионуклидтердің шаңды желмен көтерілуі, беткі сулармен шайылуы) аталған нысандардан зерттеліп жатқан штольнялардың порталалды телімдерінде радиоактивті ласта-

нулар таралуы мүмкін және олардың радиациялық жағдайына әсер етуі мүмкін, сонымен қатар атмосфераның беткі қабатының көлемді радиоактивтілігіне алып келуі мүмкін.

2.2. Қосымша қорғаудың тік әдісін құру барысында радиациялық жағдайдың қалыптасуына әсер ететін факторлар

Қосымша қорғаудың тік әдісін құру барысында радиациялық жағдайдың қалыптасуының ортақ факторларына бұрғылау шламымен штольняның ішінен (немесе жақын жатқан тау жыныстарынан) радиоактивті ластануларды шығару әсерінен бұрғылау барысындағы және қосымша ұңғымаларды бұрғылау барысында (штольняның ішіне бетон құю) және қосымша қорғауды құру барысында бұрғыланған ұңғымалар арқылы шаңның шығуы (аэрозол түрінде) әсерінен жұмыс алаңының ластану мүмкіндігі қосылады. Жұмыс алаңындағы радиациялық жағдайдың өзгеруі екінші рет таралу нәтижесінде орын алған радиоактивті ластанудың қайта таралуы нәтижесіндеболуы мүмкін (үйінділерден көтерілген шаң, техниканың және қызметкерлердің қозғалысы).

Келтірілген факторлар жұмыс алаңындағы радиациялық жағдайды өзгертуі мүмкін, сонымен қатар атмосфераның беткі қабатының көлемдік радиоактивтілігінің жоғарылауына алып келеді.

2.3. Қосымша қорғаудың көлденең әдісін құру барысында радиациялық жағдайдың қалыптасуына әсер ететін факторлар

Қосымша қорғаудың көлденең әдісін құру барысында порталалды алаңда радиациялық жағдайды қалыптастыратын негізгі факторлар, штольняның алдыңғы жағында қалыптасқан, штольняның ішінен шығарылатын жыныспен радиоактивті ластанудың шығу мүмкіндігімен байланысты. Шығарылатын жынысқа жасалатын тұрақты радиометриялық бақылауға қарамастан, жұмыстардың ерекшелігіне байланысты (қызметкерлердің, көліктің және басқа да жабдықтардың қозғалысы) радиоактивті ластанудың порталалды телімге түсу мүмкіндігі бар. Порталалды телімнің ластануы сонымен қатар штольняның желдетілуі барысында радиоактивті аэрозолдың шығуынан болуы мүмкін. Радиоактивті аэрозолдың шығу атмосфераның беткі қабатының көлемді радиоактивтілігінің жоғарылауына алып келуі мүмкін, сонымен бірге олар түскен уақытта топырақтың беткі қабатының тиесілі белсенділігінің жоғары болуы мүмкін.

Порталалды телімде радиациялық жағдайдың өзгеруі сонымен қатар орын алған радиоактивті ластанудың таралуы нәтижесінде қызметкерлер мен техниканың қозғалысынан екінші қайта тасымалдануы штольняның ішінен, штольняның шығарылатын жынысынан құралған үйінділердің нәтижесінен пайда болуы мүмкін.

3. РАДИАЦИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУЛЕР ЖҮРГІЗУ ӘДІСНАМАСЫ

Штольнялардың порталалды аумақтарында далалық және зертханалық зерттеулерді жоспарлау сатысында, алғашқы және есептік деректер радионуколидтердің штольнялардан беткі қабатқа шығуы нәтижесінде штольняның аумағы және оған жақын жатқан телімдер көп деңгейде келесі радионуклидтермен ластануы мүмкін, олар: ^{90}Sr, ^{137}Cs, ^{151}Sm, ^{241}Am және Pu изотоптары.

Далалық зерттеулер және сынамларды алу теориялық болжауларға сәйкес ЭДҚ анықтай отырып, тепе-тең торшада жасалды және бекітілген нүктелерде топырақтың беткі қабатының α-, β-бөлшектермен ластануы, сонымен қатар «Іздеу» режіміндегі нүкте аралығында ЭДҚ анықтау. Максималды радиоактивті ластанған жерлерде топырақ сынамасын қосымша түрде алу жұмыстары жасалды.

Зерттеу аумақтары ландшафтқа байланысты құбылады және 8000-нан 44000 м^2 дейінгі диапазонда жатыр. Зерттеу аумағында GPS қабылдағышының көмегімен нүктелерді бөлу жұмыстары жүргізілді. ЭДҚ бекітілген өлшеулері 10х5 м торшасының желісінде жүргізілді, ол порталалды алаңда белгіленді. Алаңның аумағында α- және β-бөлшектердің ағымы тығыздығын өлшеу 20х20 м торшасында жүргізілді.

Штольнялардың аумағында тік әдіспен қосымша қорғауларды құру жоспарланған жерлерде, «Іздеу» режіміндегі телімде ЭДҚ қосымша өлшеу жұмыстары жүргізілді, ол енген нүктеден штольня өзегі бойынша орналасқан, ені ~50 м және ұзындығы ~250 м.

Қоршаған ортадан сынамаларды іріктеу келесі нүктелерде жүргізілді:

- Жобаланған жұмыс алаңында – нүктеден топырақ сынамалары алынды;
- Жобаланған далалық лагердің аумағында – топырақтың сынамаларын нүктелік алу жұмыстары;
- Зерттеу телім бойымен тепе-тең орналасқан барлық нүктелердегі - топырақтың сынамаларын нүктелік алу жұмыстары (сынамаларды іріктеп алудың шамамен нүктелік алуы радиациялық параметрлерді өлшеудің жалпы мөлшерінің 5–8 % құрайды).
- штольнялар үйілген ернеулерде – топырақ сынамаларының біріктірілген сынамасы;
- радиациялық параметрлері максималды мәні орын алған – топырақтың сынамаларын нүктелік алу жұмыстары;
- енудің ұсынылған нүктесі – ауа аэрозолдары мен су буларының сынамаларын іріктеп алу.
- Зертханалық талдамалар жасау үшін гамма-, бета- және альфа-спектрометриялық жабдықтар пайдаланылды.

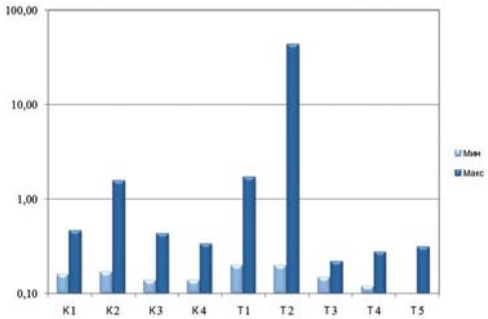
Қорытынды зерттеу бұдан бұрын жасалған осыған ұқсас сұлба бойынша жасалды.

4. ЖҰМЫС БАСТАЛҒАНҒА ДЕЙІНГІ ШТОЛЬНЯ АЛАҢДАРЫНЫҢ ПОРТАЛАЛДЫ АУМАҒЫНДАҒЫ РАДИАЦИЯЛЫҚ ХАЛ-АХУАЛ (2006-2009 жж.)

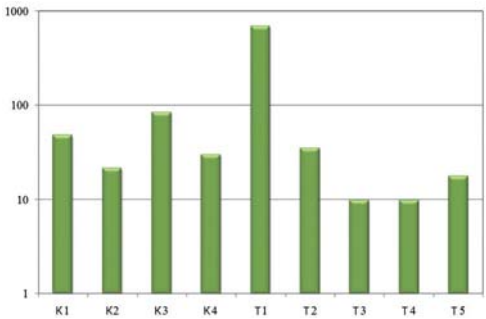
4.1. Радиометриялық және дозиметриялық өлшеулердің нәтижелері жөніндегі радиациялық жағдай

Алдын ала жасалған зерттеулердің нәтижелері бойынша зерттеліп жатқан алаңдардың радиациялық параметрлерінің таралуының карта-сұлбасы құрылды (9-сурет – 26-сурет).

Штольняларда алдын ала зерттеу жүргізу кезеңіндегі ЭДҚ мәнінің максималды және минималды өлшемі гистограммада көрсетілген (7-сурет).



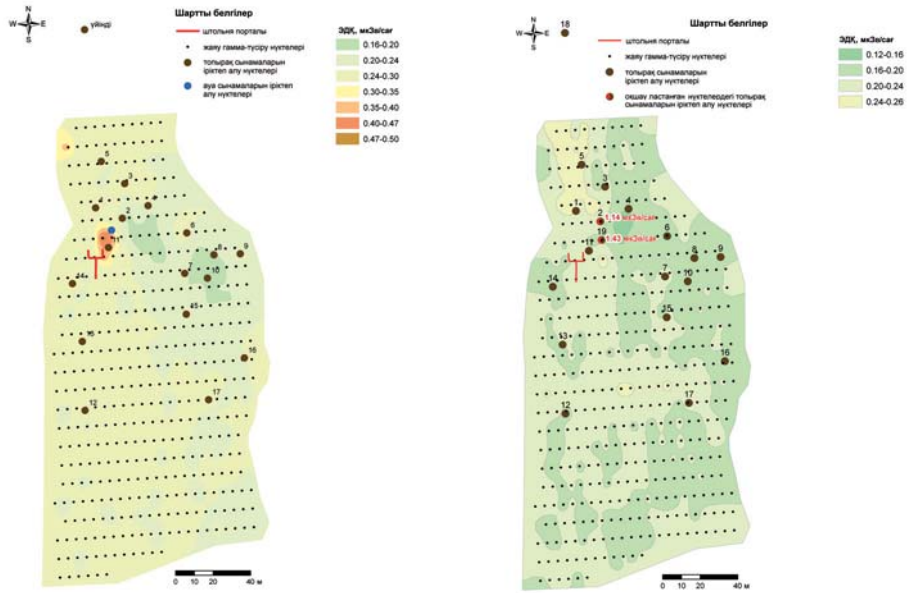
7-Сурет. Штольняларда алдын ала зерттеу жүргізу кезеңіндегі ЭДҚ мәнінің максималды және минималды өлшемі, мкЗв/сағ



8-Сурет. Штольняларда алдын ала зерттеу жүргізу кезеңіндегі β-бөлшегі ағымы тығыздығының максималды және минималды өлшемі, бөлш/(мин·см^2)

Барлық штольнялардың порталалды аумақтарында алдын ала зерттеу жүргізу кезеңінде бекітілген β- бөлшектің ағымы тығыздығының минималды мәні 10 бөлш/(мин·см^2) асқан жоқ. Алдын ала зерттеу жүргізу кезеңіндегі β-бөлшектердің ағымы тығыздығының максималды мәні гистограммада ұсынылған (8-сурет).

Барлық штольнялардың порталалды аумақтарында алдын ала зерттеу жүргізу кезеңінде бекітілген α-бөлшектің ағымы тығыздығының мәні пайдаланылатын құрал-аспаптардың анықтау шегінен асқан жоқ (0,2 – 10 бөлш/(мин·см^2)), К4 (140 бөлш/(мин·см^2)) және Т2 (100 бөлш/(мин·см^2)) штольняларында табылған оқшауланған ластанған екі телімді алып қарамағанда.

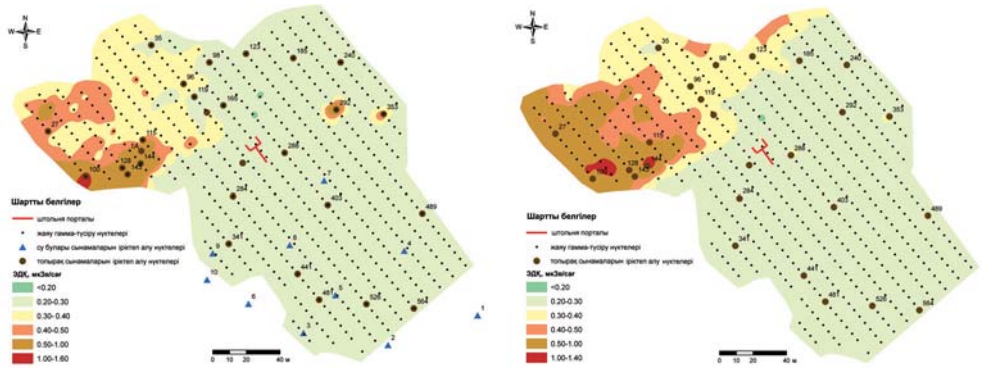


а б

9-Сурет. Алдын ала (а) және қорытынды (б) зерттеулер жүргізу барысында К1 штольнясы телімінің порталалды аумағындағы ЭДҚ таралуының карта-сұлбасы

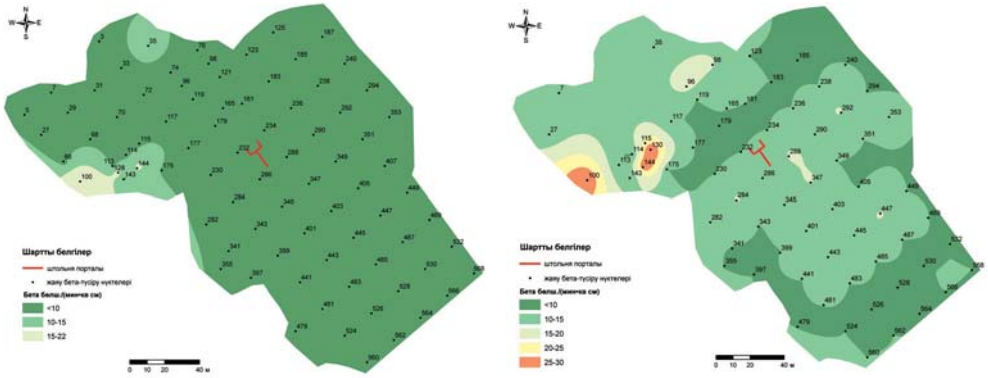
а б

10-Сурет. Алдын ала (а) және қорытынды (б) зерттеулер жүргізу барысында К1 штольнясы телімінің порталалды аумағындағы β-бөлшегі ағымы тығыздығының таралуының карта-сұлбасы



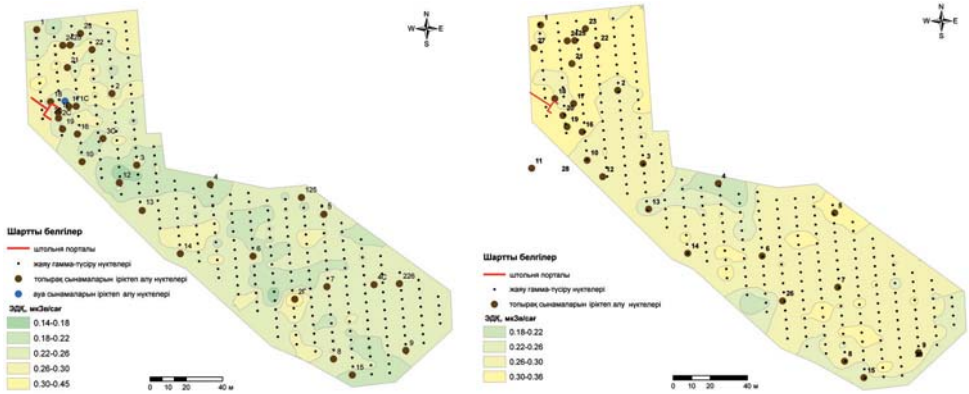
а б

11-Сурет. Алдын ала (а) және қорытынды (б) зерттеулер жүргізу барысында К2 штольнясы телімінің порталалды аумағындағы ЭДҚ таралуының карта-сұлбасы



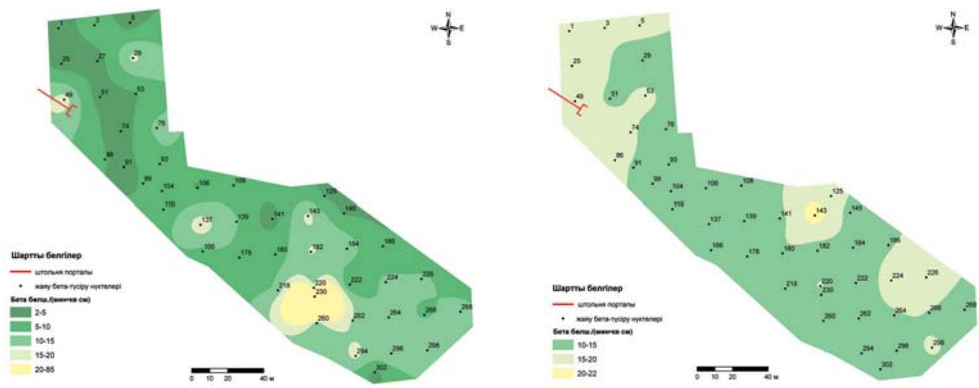
а б

12-Сурет. Алдын ала (а) және қорытынды (б) зерттеулер жүргізу барысында К2 штольнясы телімінің порталалды аумағындағы β-бөлшегі ағымы тығыздығының таралуының карта-сұлбасы



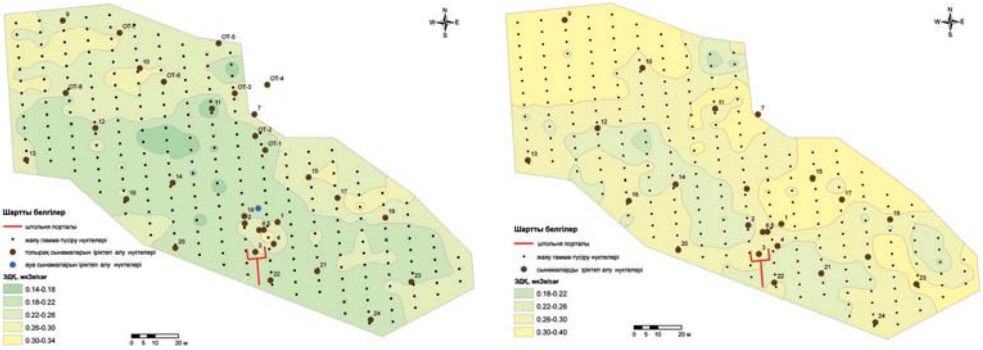
а б

13-Сурет. Алдын ала (а) және қорытынды (б) зерттеулер жүргізу барысында К3 штольнясы телімінің порталалды аумағындағы ЭДҚ таралуының карта-сұлбасы



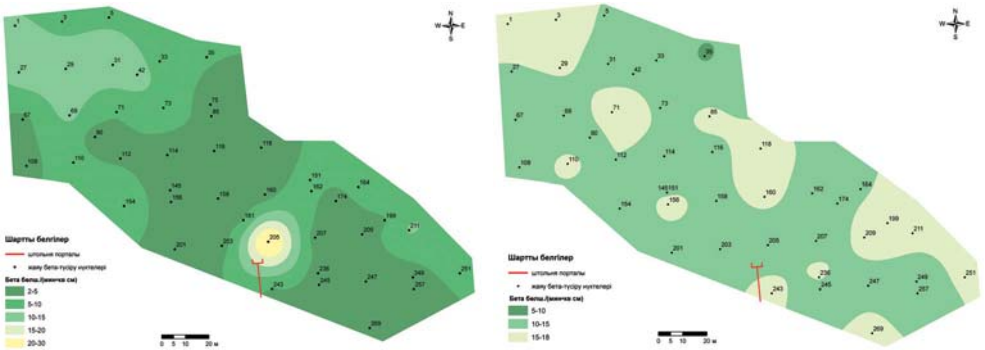
а б

14-Сурет. Алдын ала (а) және қорытынды (б) зерттеулер жүргізу барысында К3 штольнясы телімінің порталалды аумағындағы β-бөлшегі ағымы тығыздығының таралуының карта-сұлбасы



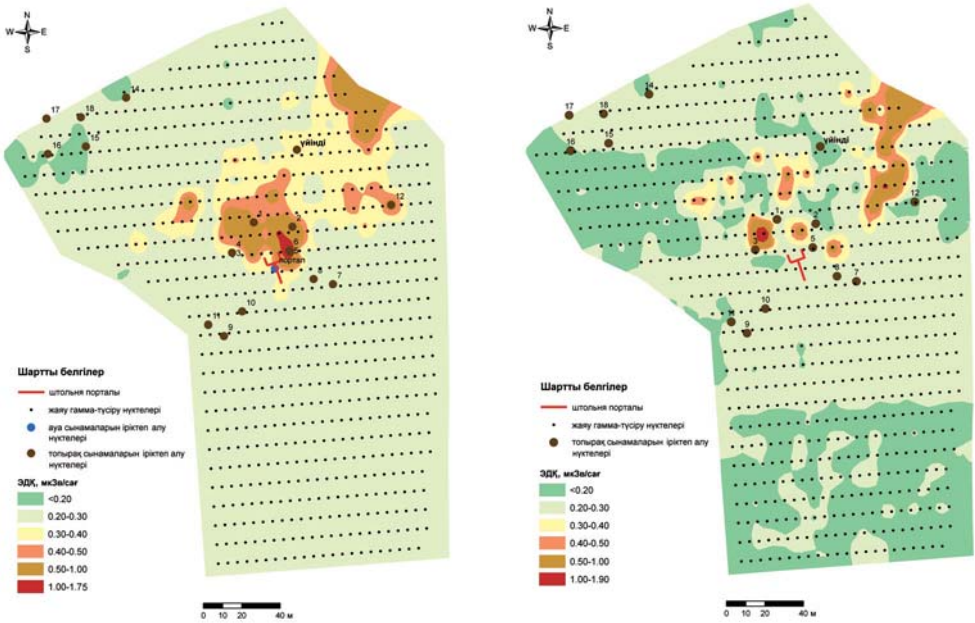
а б

15-Сурет. Алдын ала (а) және қорытынды (б) зерттеулер жүргізу барысында К4 штольнясы телімінің порталалды аумағындағы ЭДҚ таралуының карта-сұлбасы



а б

16-Сурет. Алдын ала (а) және қорытынды (б) зерттеулер жүргізу барысында К4 штольнясы телімінің порталалды аумағындағы β-бөлшегі ағымы тығыздығының таралуының карта-сұлбасы

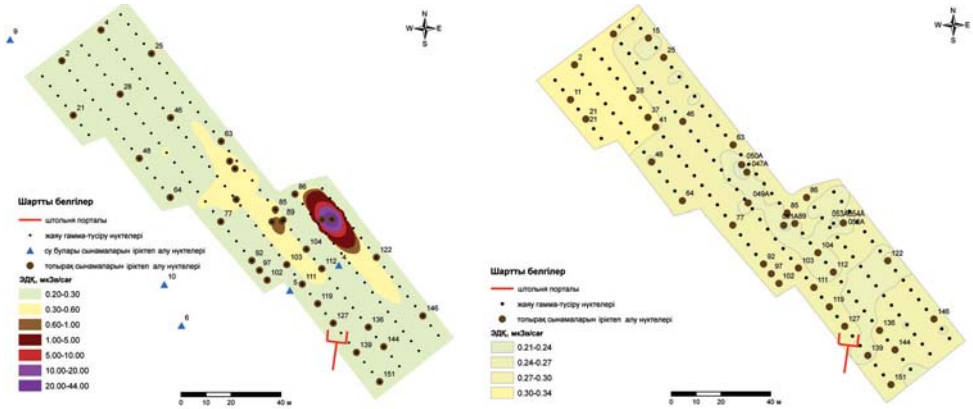


а б

17-Сурет. Алдын ала (а) және қорытынды (б) зерттеулер жүргізу барысында Т1 штольнясы телімінің порталалды аумағындағы ЭДҚ таралуының карта-сұлбасы

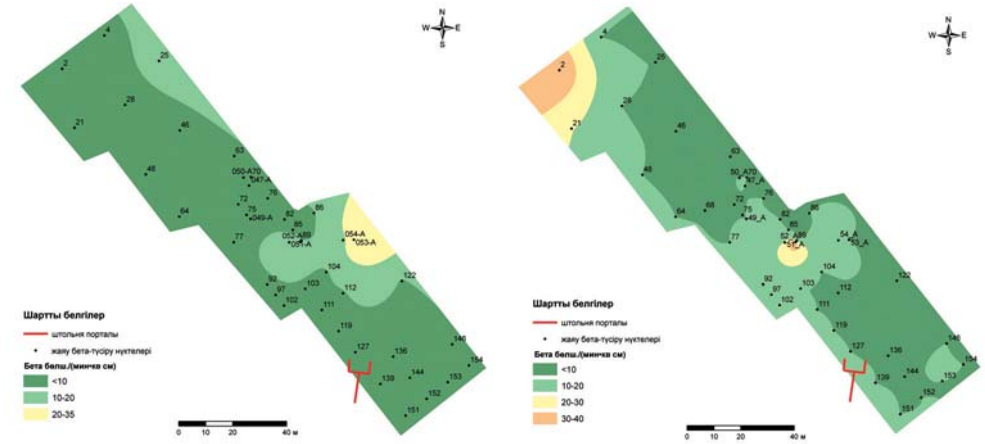
а б

18-Сурет. Алдын ала (а) және қорытынды (б) зерттеулер жүргізу барысында Т1 штольнясы телімінің порталалды аумағындағы β-бөлшегі ағымы тығыздығының таралуының карта-сұлбасы



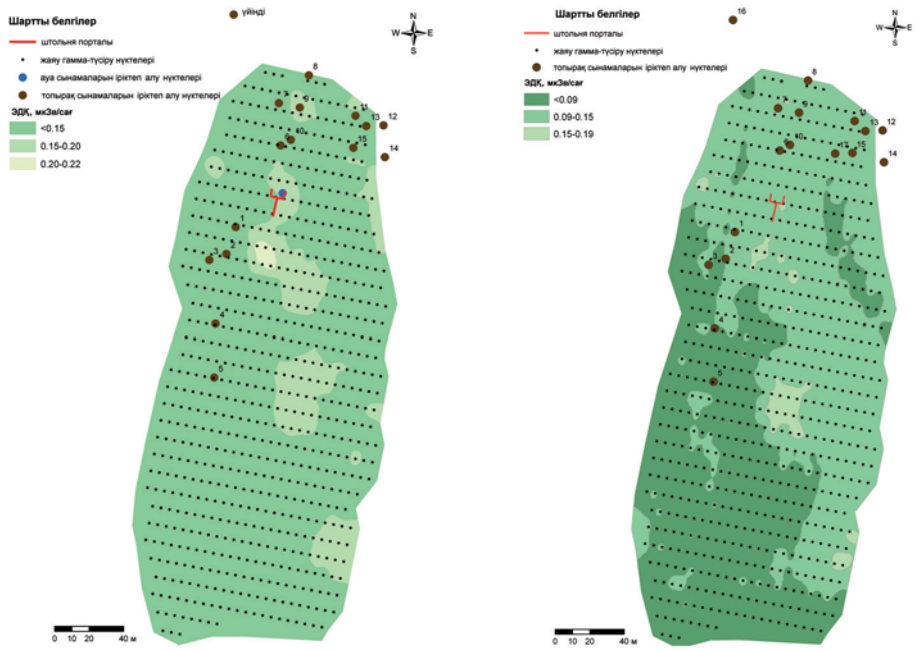
а б

19-Сурет. Алдын ала (а) және қорытынды (б) зерттеулер жүргізу барысында Т2 штольнясы телімінің порталалды аумағындағы ЭДҚ таралуының карта-сұлбасы



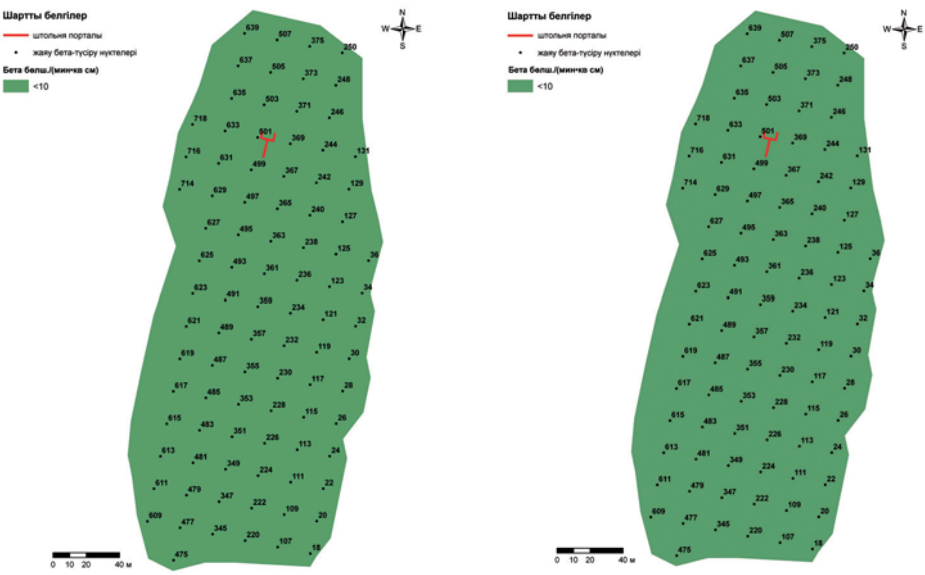
а б

20-Сурет. Алдын ала (а) және қорытынды (б) зерттеулер жүргізу барысында Т2 штольнясы телімінің порталалды аумағындағы β-бөлшегі ағымы тығыздығының таралуының карта-сұлбасы



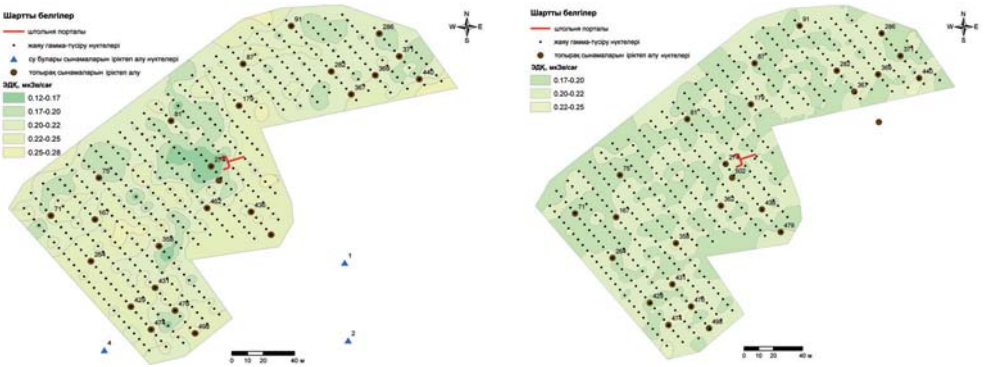
а б

21-Сурет. Алдын ала (а) және қорытынды (б) зерттеулер жүргізу барысында Т3 штольнясы телімінің порталалды аумағындағы ЭДҚ таралуының карта-сұлбасы



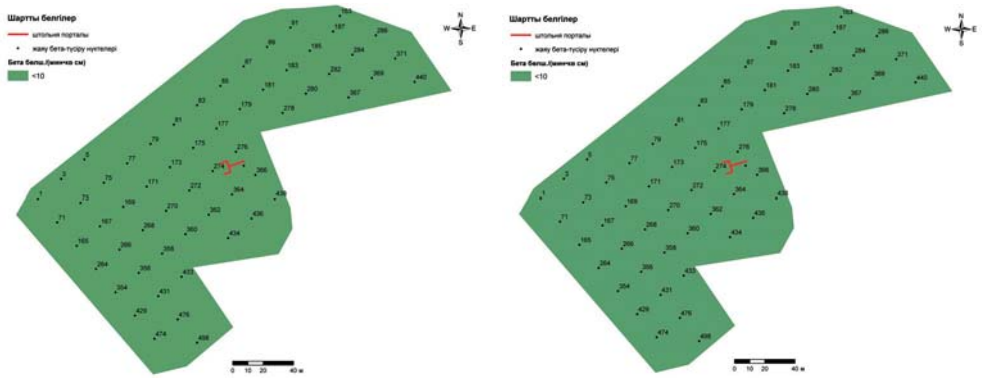
а б

22-Сурет. Алдын ала (а) және қорытынды (б) зерттеулер жүргізу барысында Т3 штольнясы телімінің порталалды аумағындағы β-бөлшегі ағымы тығыздығының таралуының карта-сұлбасы



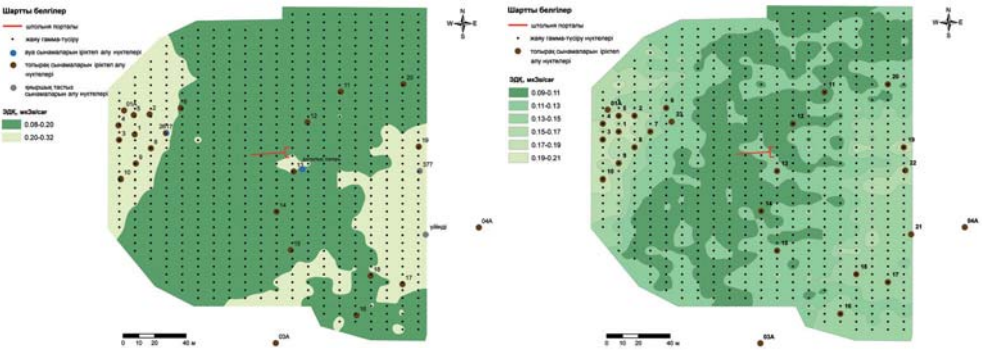
а б

23-Сурет. Алдын ала (а) және қорытынды (б) зерттеулер жүргізу барысында Т4 штольнясы телімінің порталалды аумағындағы ЭДҚ таралуының карта-сұлбасы



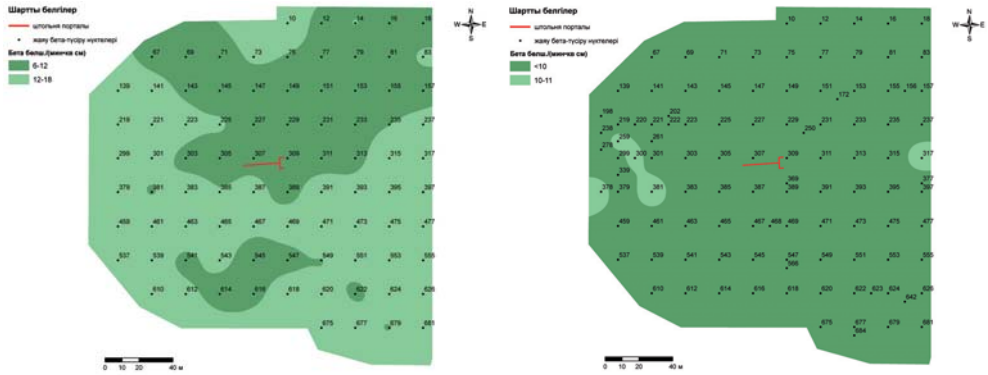
а б

24-Сурет. Алдын ала (а) және қорытынды (б) зерттеулер жүргізу барысында Т4 штольнясы телімінің порталалды аумағындағы β-бөлшегі ағымы тығыздығының таралуының карта-сұлбасы



а б

25-Сурет. Алдын ала (а) және қорытынды (б) зерттеулер жүргізу барысында Т5 штольнясы телімінің порталалды аумағындағы ЭДҚ таралуының карта-сұлбасы



а б

26-Сурет. Алдын ала (а) және қорытынды (б) зерттеулер жүргізу барысында Т5 штольнясы телімінің порталалды аумағындағы β-бөлшегі ағымы тығыздығының таралуының карта-сұлбасы

1999 ж. штольняларды зерттеу нәтижелерін жұмыс басталғанға дейінгі зерттеулердің нәтижелерімен салыстырудан, екі жағдайда да радиациялық-қауіптілік Т2 штольнясының аумағында тіркелгені байқалды, ол жерде ЭДҚ – 44 мкЗв/сағ. мәнімен оқшауланған ластанған, α-бөлшек ағымының тығыздығы 100 бөлш/(мин·см^2) болатын, әрдайым сол жерде болған жағдайда А санатты қызметкерлерге арналған рауалы мәннен аспайтын телім табылды (19 а-сурет) [4]. Сонымен қатар, РҚН-99 бойынша рауалы мәннен асатын жоғары радиациялық параметрлер К4 штольняларында бекітілген (α-бөлшек ағымының тығыздығы 140 бөлш/(мин·см^2)) [4]. Басқа штольнялардың аумағындағы радиациялық параметрлер А санатты қызметкерлерге арналған рауалы мәннен асқан жоқ [4]. Алайда, Т1 штольнясының порталалды алаңдарына назар аудару қажет, ол жердегі радиациялық параметрлер мәні рауалы мәннен аспайды, сонда да порталалды алаңның аумағындағы тіркелген ластану, жалпы аумағы 330 м^2 болатын β-бөлшек ағымының тығыздығы (100–700 бөлш/(мин·см^2)). Аталған ластану штольнядан су арқылы радиоактивті ластанудың шығуына байланысты.

К1, К3, Т2 штольняларында радиациялық жағдайдың өзгеруі және 1999 ж. салыстырғанда К2, К4, Т2 штольняларында радиациялық жағдайдың едәуір төмендегені тіркелді. Бұл штольнялардың порталының бірнеше рет қопарылу әрекетімен және ластанған топырақтың, металл құрылғыларының штольняның қуысынан күндізгі жер бетіне шығумен түсіндіріледі. Мысалы, К4 штольнясына алдын ала зерттеу жүргізу барысында штольняның тесілген қуысы анықталды (27-сурет), зерттеу аумағынан тыс жерде темір құрылғының бөліктері анықталды (ЭДҚ – 23 мкЗв/сағ, α-бөлшек ағымының тығыздығы – 140 бөлш/(мин·см^2)).

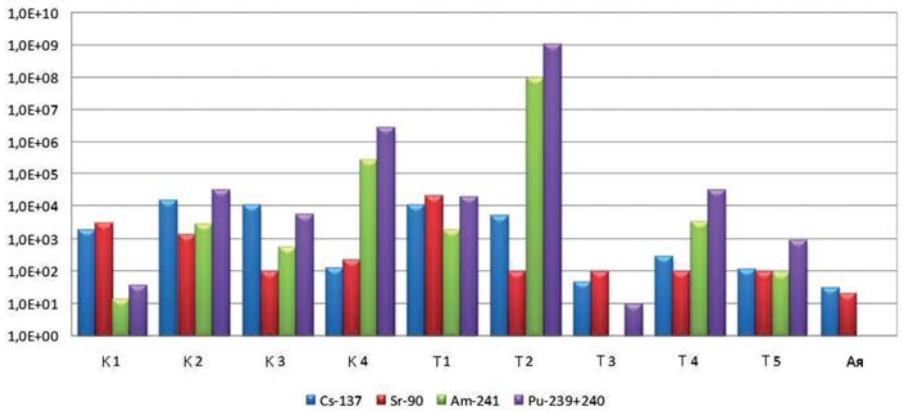
27-Сурет. К4 штольнясының саңылауы

4.2. Топырақтың беткі қабатының радионуклидті ластануы

Зерттеліп жатқан аумақтың радионуклидтермен ластануына алдын ала баға беру үшін, Дегелең таулы массивінің 9 штольнясының порталалды телімдеріне алдын ала зерттеу жүргізу барысында іріктеп алынған топырақтарға спектрометриялық және радиохимиялық талдау жүргізілді.

Таулы массивтегі штольнялардың зерттеліп жатқан аумағындағы табиғи радионуклидтердің құрамы аталған аумақтың табиғи аясына сәйкес келеді (граниттің әртүрі бар тау жыныстары көбірек). Техногенді радионуклидтерге байланысты аяның көрсеткіші ретінде тиесілі белсенділіктің келесі мәндері анықталды: ^{137}Cs – 30, ^{90}Sr – 20, ^{241}Am – 0,2 және $^{239+240}$Pu – 1 Бк/кг.

Штольняны алдын ала зерттеу кезеңі бойынша ^{137}Cs, ^{90}Sr, ^{241}Am және $^{239+240}$Pu радионуклидтерінің тиесілі белсенділігінің максималды мәнінің деректері кестеде (2-кесте) және гистограммада (28-сурет) көрсетілген.



28-Сурет. Штольняны алдын ала зерттеу кезеңі бойынша радионуклидтердің тиесілі белсенділігінің максималды мәні, Бк/кг

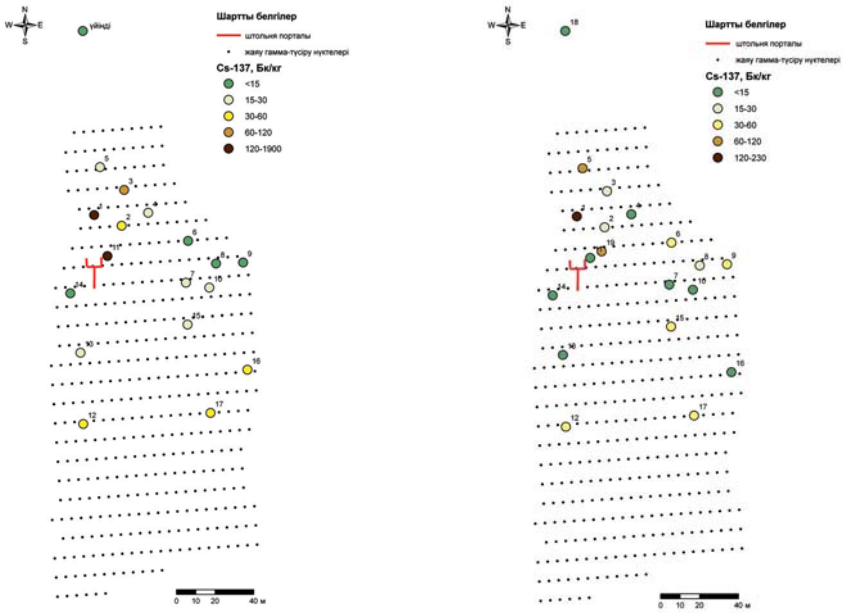
Кейбір нүктелердегі $^{239+240}$Pu құрамы алынған зертханалық деректерді пайдалана отырып, есептік тәсілмен анықталды. К2, Т2, Т4 штольнялары үшін дәлелденгені, ^{241}Am құрамы $^{239+240}$Pu аталған штольнялардың аумағынан алынған топырақ сынамаларында 1:11 құрайды. Қалған жағдайларда плутоний изотоптарының мүмкін құрамын есептеу үшін ^{241}Am құрамы $^{239+240}$Pu құрамының 1:10 орташа арақатынасы пайдаланылды, ол ССП аумағының топырағына жүргізілген зертханалық зерттеу бойынша анықталған болатын және ол көбірек ластанған болатын.

Зерттеліп жатқан штольняның аумағындағы ^{90}Sr максималды құрамы аталған радионуклид үшін ТБМБ $1{\cdot}10^5$ Бк/кг асқан жоқ.

^{137}Cs, ^{241}Am және $^{239+240}$Pu радионуклидтерінің тиесілі белсенділігінің максималды мәнін штольняның нормативті деңгейімен (ТБМБ, РҚН-99) салыстыру нәтижелері бойынша ластану сипатына байланысты бөлінді:

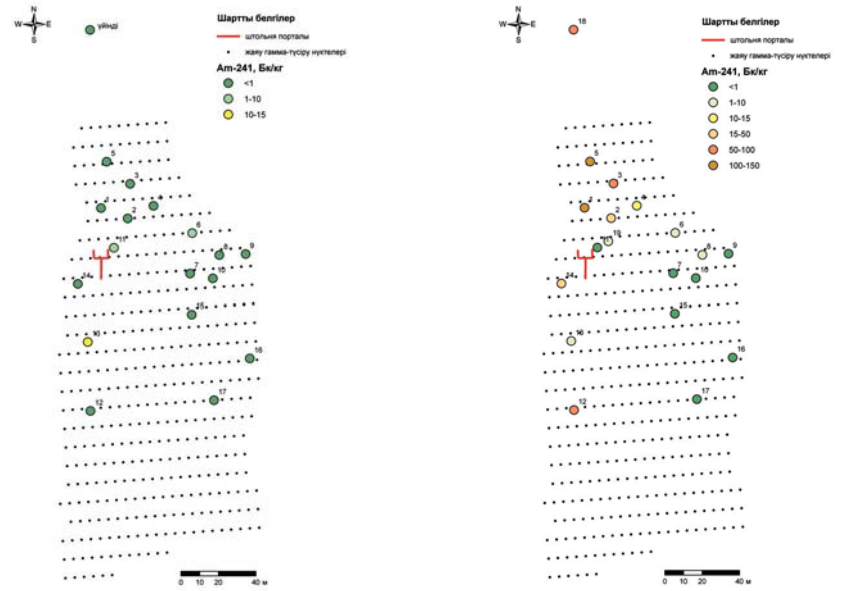
1. зерттеліп жатқан аумақтың топырағындағы радионуклидтің құрамы барлық анықталатын радионуклидтер бойынша нормативті деңгейден аспайтын штольнялар (К1, Т3, Т5);
2. зерттеліп жатқан аумақтың топырағындағы ^{137}Cs радионуклидтің максималды құрамы ТБМБ нормативті деңгейінен аспайтын, ал ^{241}Am және $^{239+240}$Pu трансуранды радионуклидтерінің тиесілі белсенділігі ТБМБ аспайтын $1{\cdot}10^3$ Бк/кг-ға тең штольнялар (К4, Т2, Т4);
3. зерттеліп жатқан аумақтың топырағындағы ^{137}Cs радионуклидтің максималды құрамы ТБМБ нормативті деңгейінен аспайтын, ал ^{241}Am немесе $^{239+240}$Pu трансуранды радионуклидтерінің тиесілі белсенділігі ТБМБ аспайтын $1{\cdot}10^3$ Бк/кг-ға тең штольнялар (К2, К3, Т1).

Штольнялардың бірінші тобы радиациялық-қауіпсіздеу болып келеді. ^{137}Cs, ^{90}Sr, ^{241}Am және $^{239+240}$Pu құрамы К1, Т3, Т5 зерттеліп жатқан штольняның аумағындағы топырақта нормативті деңгейінен аспайды (ТБМБ, РҚН-99), сәйкесінше $1{\cdot}10^4$, $1{\cdot}10^5$, $1{\cdot}10^3$ және $1{\cdot}10^3$ Бк/кг-ға тең (29-Сурет – 34-Сурет). Аталған нысандардағы ^{137}Cs максималды құрамы $1{,}9{\cdot}10^3$ Бк/кг, ^{90}Sr – $3{,}1{\cdot}10^3$ Бк/кг (К1 штольнясы), ^{241}Am – 90 Бк/кг $^{239+240}$Pu – 900 Бк/кг (Т5 штольнясы) деңгейінде болды.



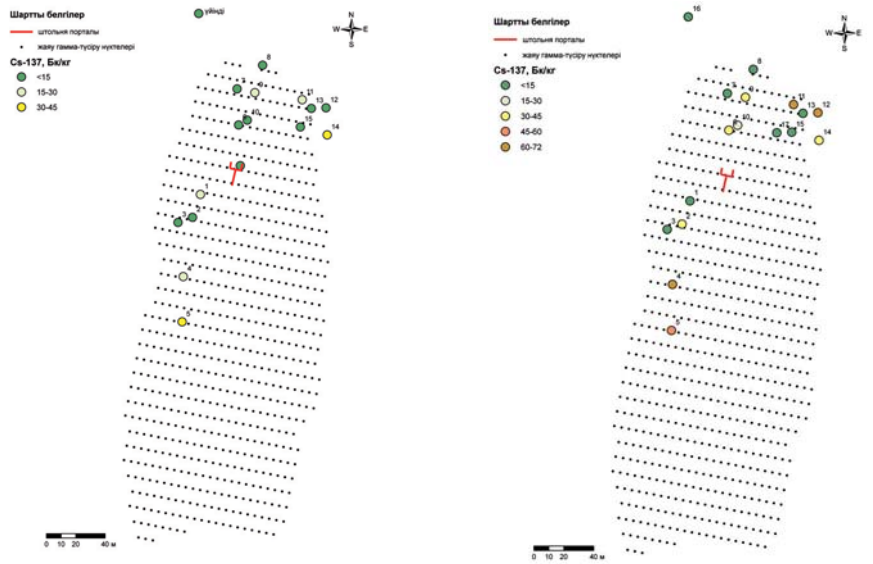
а б

29-Сурет. Алдын ала (а) және қорытынды (б) зерттеулер жүргізу барысында К1 штольнясы телімінің порталалды аумағындағы ^{137}Cs таралуының карта-сұлбасы



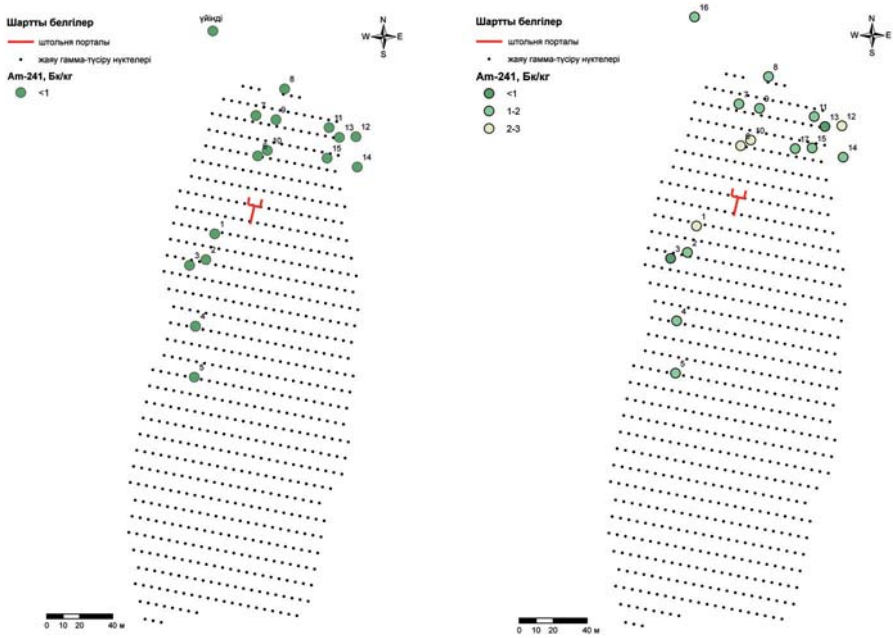
а б

30-Сурет. Алдын ала (а) және қорытынды (б) зерттеулер жүргізу барысында К1 штольнясы телімінің порталалды аумағындағы ^{241}Am таралуының карта-сұлбасы



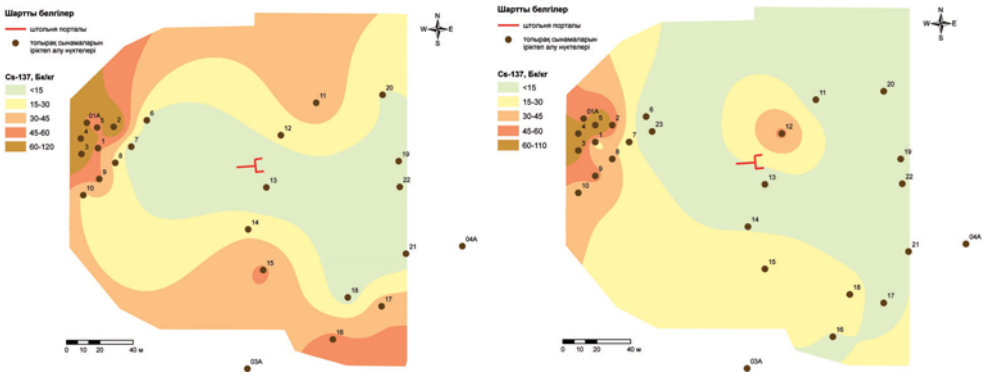
а б

31-Сурет. Алдын ала (а) және қорытынды (б) зерттеулер жүргізу барысында Т3 штольнясы телімінің порталалды аумағындағы ^{137}Cs таралуының карта-сұлбасы



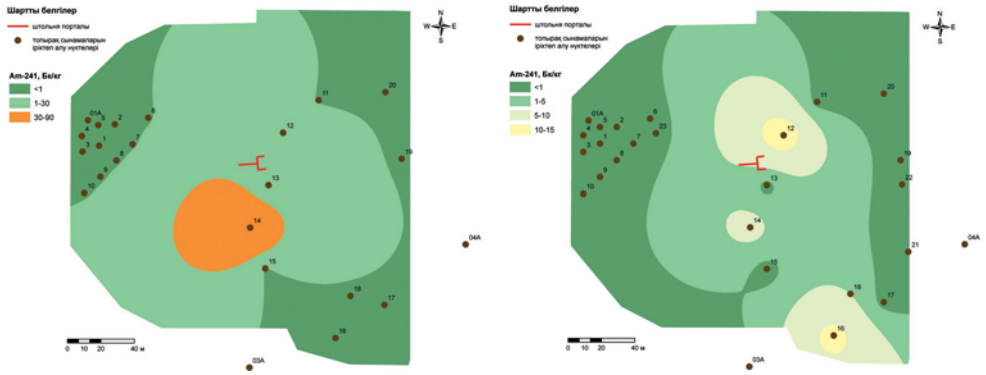
а б

32-Сурет. Алдын ала (а) және қорытынды (б) зерттеулер жүргізу барысында Т3 штольнясы телімінің порталалды аумағындағы ^{241}Am таралуының карта-сұлбасы



а б

33-Сурет. Алдын ала (а) және қорытынды (б) зерттеулер жүргізу барысында Т5 штольнясы телімінің порталалды аумағындағы ^{137}Cs таралуының карта-сұлбасы



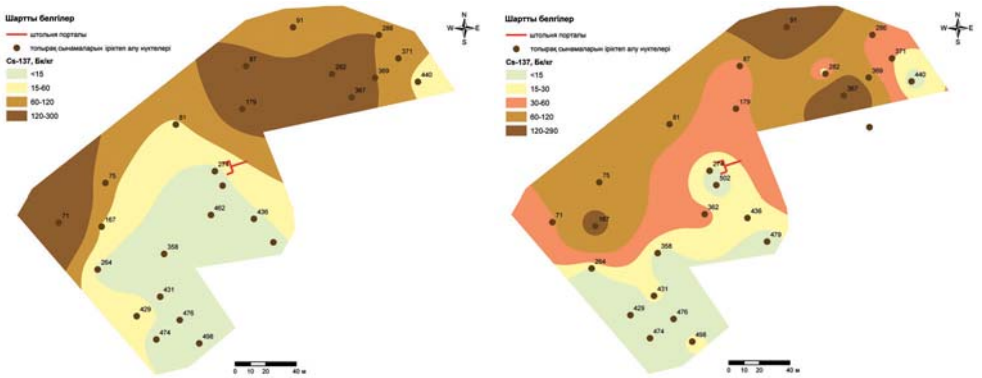
а б

34-Сурет. Алдын ала (а) және қорытынды (б) зерттеулер жүргізу барысында Т5 штольнясы телімінің порталалды аумағындағы ^{241}Am таралуының карта-сұлбасы

Екінші топтағы Т4, К4, Т2 штольнялары зерттеліп жатқан аумақтың топырағындағы ^{241}Am және $^{239+240}$Pu трансуранды радионуклидтерінің жоғары құрамымен сипатталады. Т4 нысанының аумағында ^{241}Am, ^{137}Cs және ^{239,240}Pu радионуклидтерінің ортақ таралуы орын алған болатын (35-сурет, 36-сурет). Зерттеліп жатқан аумақтағы ^{137}Cs максималды құрамы 300 Бк/кг-ды құрады, ол рауалы шоғырланудан төмен. Зерттеудің барлық нүктесінде ^{241}Am және $^{239+240}$Pu техногенді радионуклидтерінің орын алғаны байқалды, максималды құрамы ^{241}Am – $3{,}3 \cdot 10^3$ Бк/кг, $^{239+240}$Pu – $3{,}3 \cdot 10^4$ Бк/кг (үйінді мен ернеудің аймағы) анықталды.

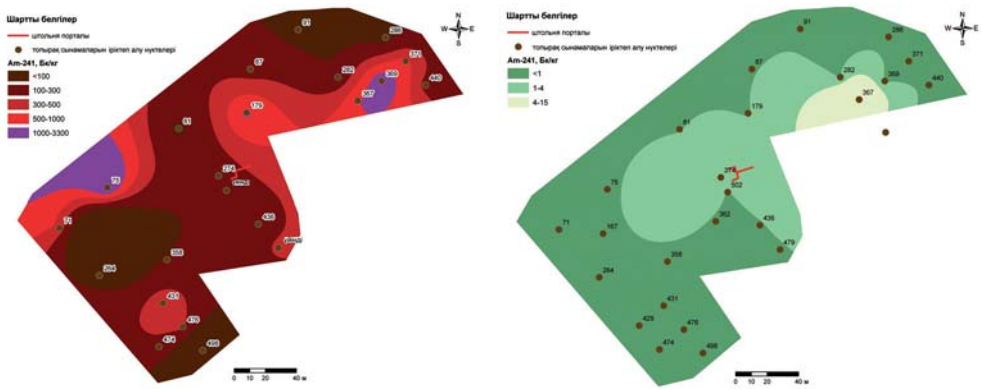
К4 штольнясының аумағындағы ^{137}Cs максималды құрамы 120 Бк/кг-ны, ал ^{241}Am – 250 Бк/кг-ны құрайды. Оқшауланған радиоактивті ластану орын алған бір телімді есептемегенде, ол жерде инженерлік құрылғыларды қосымша қорғауды құру бойынша жұмыстар басталмас бұрын орын алған кәбілдерді жағу бойынша рұқсат етілмеген шаруашылық қызметтерінің әсерінен пайда болған (37-сурет, 38-сурет). ^{241}Am максималды құрамы $2{,}8 \cdot 10^5$ Бк/кг-ны құрайды, ^{241}Am құрамының $^{239+240}$Pu орташа

арақатынасын есепке ала отырып 1:10, ^{239,240}Pu күтілетін құрамы 2,8·10^{6} Бк/кг жетуі мүмкін. Аталған нүктелердегі топырақты ^{241}Am және ^{239,240}Pu құрамы бойынша орташа белсенді радиоактивті қалдықтарға жіктеуге болады (10^{1} -ден 10^{5} кБк/кг-ға дейін) [4, 5]. Аталған штольняның жұмыс алаңшасындағы радиоактивті қалдықтардың көлемі бірнеше шаршы метрден ондаған немесе жүздеген шаршы метрлерге дейін құбылады. Табылған ластанған телім кішігірім алаңды алып жатыр (< 2 м^{2}), алайда К4 штольнясы порталының үйіндісі аумағында орналасқандықтан, беткі қабаттың астында қалған үлкен көлемді радиоактивті-ластанған топырақтың орын алуы мүмкін.



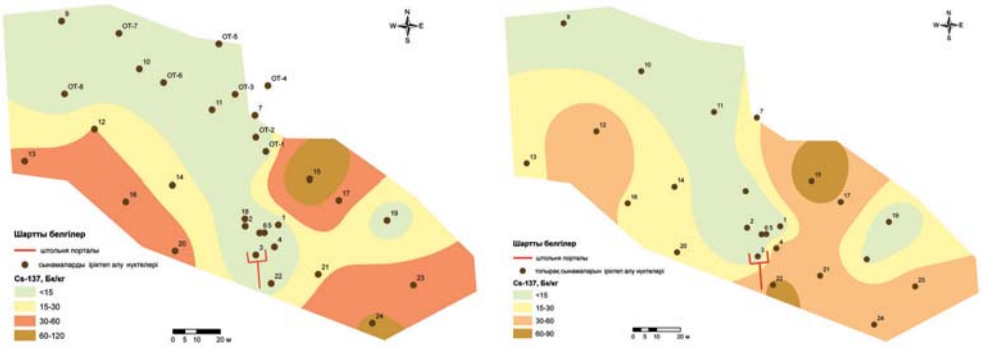
а б

35-Сурет. Алдын ала (а) және қорытынды (б) зерттеулер жүргізу барысында Т4 штольнясы телімінің порталалды аумағындағы ^{137}Cs таралуының карта-сұлбасы



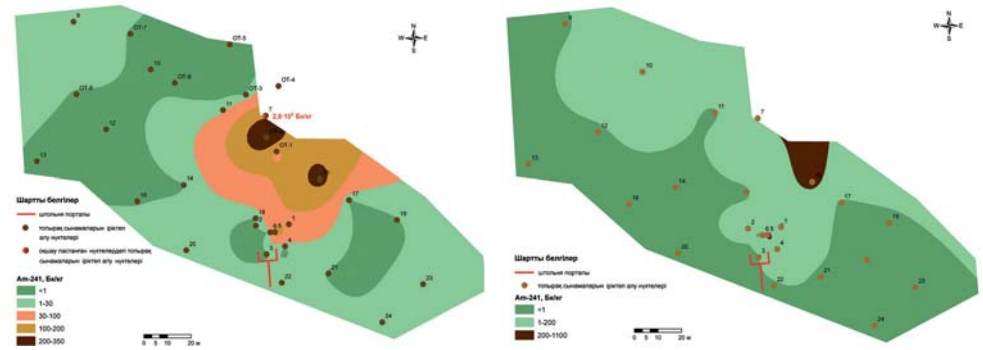
а б

36-Сурет. Алдын ала (а) және қорытынды (б) зерттеулер жүргізу барысында Т4 штольнясы телімінің порталалды аумағындағы ^{241}Am таралуының карта-сұлбасы



а б

37-Сурет. Алдын ала (а) және қорытынды (б) зерттеулер жүргізу барысында К4 штольнясы телімінің порталалды аумағындағы ^{137}Cs таралуының карта-сұлбасы

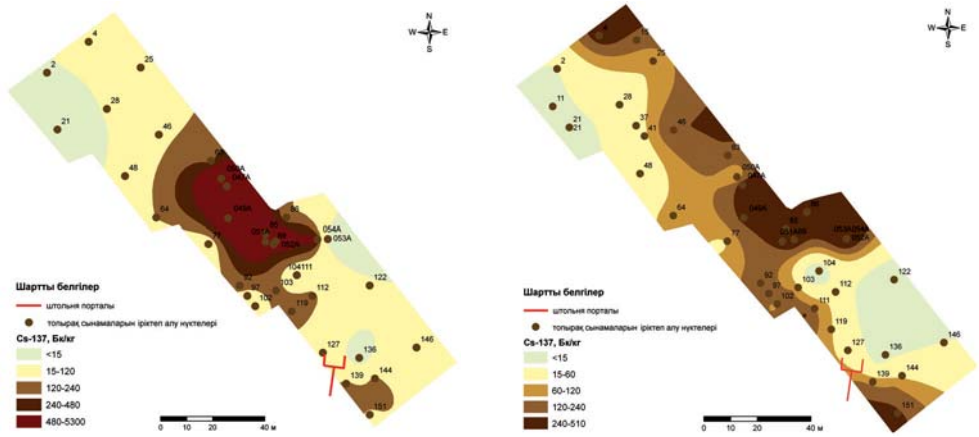


а б

38-Сурет. Алдын ала (а) және қорытынды (б) зерттеулер жүргізу барысында К4 штольнясы телімінің порталалды аумағындағы ^{241}Am таралуының карта-сұлбасы

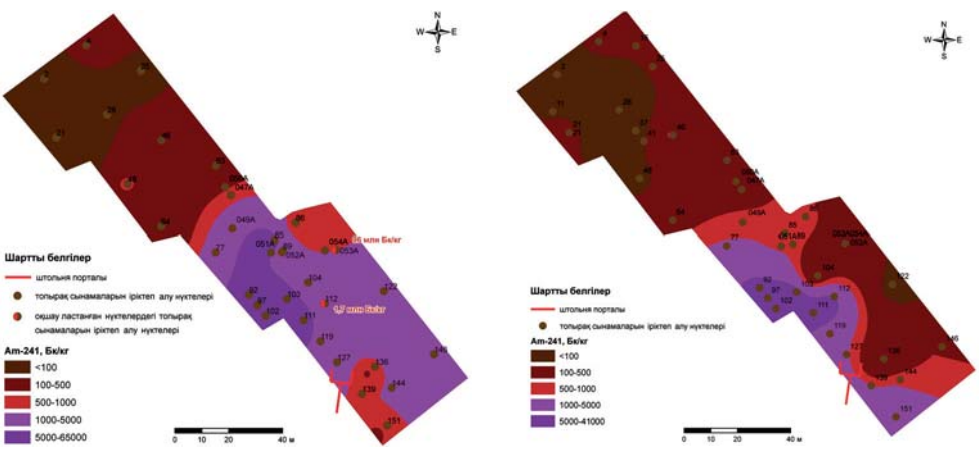
Т2 штольнясына жасалған алдын ала зерттеулер нәтижесі порталалды алаңның бәрі ^{241}Am техногенді радионуклидімен ластанғанын көрсетті, оның тиесілі белсенділігі <3 -тен $9{,}6 \cdot 10^{7}$ Бк/кг-ға дейінгі (39-сурет, 40-сурет) шегінде құбылады. Т2 штольнясының аумағындағы $^{239+240}$Pu тиесілі белсенділігі барлық нүктеде нормативті деңгейден жоғары ($^{239+240}$Pu ТБМБ – $1 \cdot 10^{3}$ Бк/кг). Жұмыс жүргізу барысында ерекше назар 053А және 112 нүктелеріне аударылды. Аталған нүктелердегі ^{241}Am құрамы $9{,}6 \cdot 10^{7}$ және $1{,}7 \cdot 10^{6}$ Бк/кг-ға тең, ал $^{239+240}$Pu мүмкін деген максималды тиесілі белсенділігі аталған нүктелерде $1 \cdot 10^{9}$ және $2 \cdot 10^{8}$ Бк/кг-ға жетуі мүмкін.

Т2 алаңының аумағында ^{137}Cs құрамы белсенділіктің кең диапазонында құбылады және $5{,}3 \cdot 10^{3}$ Бк/кг-ға жетеді.



а б

39-Сурет. Алдын ала (а) және қорытынды (б) зерттеулер жүргізу барысында Т2 штольнясы телімінің порталалды аумағындағы ^{137}Cs таралуының карта-сұлбасы

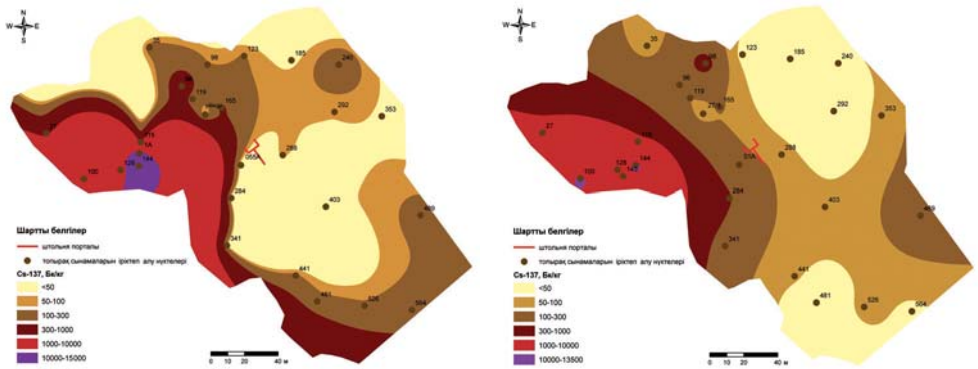


а б

40-Сурет. Алдын ала (а) және қорытынды (б) зерттеулер жүргізу барысында Т2 штольнясы телімінің порталалды аумағындағы ^{241}Am таралуының карта-сұлбасы

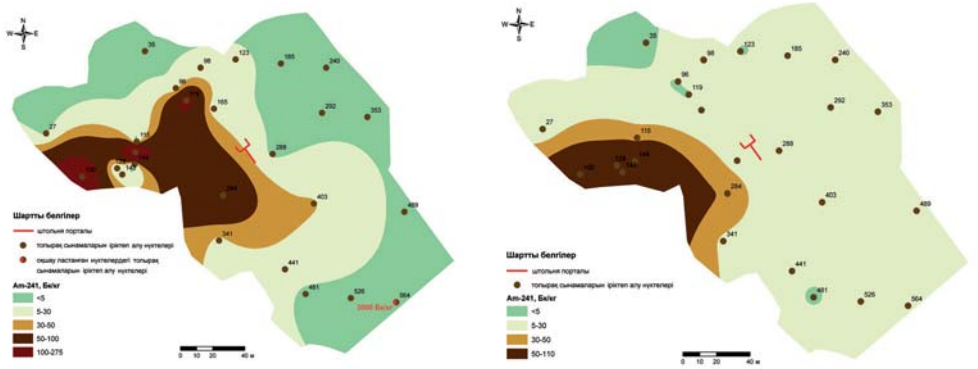
Үшінші топтағы К2, К3, Т1 штольняларында ^{137}Cs және трансуранды радионуклидтердің (^{241}Am немесе $^{239+240}$Pu) ТБМБ құрамының жоғарылауымен сипатталады. ^{137}Cs тиесілі белсенділігі құрамының максималды мәні $1{,}5\cdot10^4$, ^{241}Am – $3{,}0\cdot10^3$, $^{239+240}$Pu – $3{,}3\cdot10^4$ Бк/кг-ны (К2 штольнясы) құрады. К2 штольнясын зерттеу барысындағы ластанған телімдерге порталалдындағы телімдегі топырақ, қиыршық тас үйінділері, К3 штольнясында – оқшауланған телім, жақын жатқан штольнядан алынған радиоактивті-ластанған кәбілді жағу барысында ластануы мүмкін. К2 және К3 штольняларының порталалды аумақтарында ^{137}Cs және ^{241}Am радионуклидтерінің таралуы суретте көрсетілген (41-сурет – 43-сурет).

Т1 штольнясы аумағында 3 ластанған телімде ^{137}Cs және ^{241}Am (3, 4, 5 т.) бойынша, осы бойынша штольняның порталының алдындағы кеуіп қалған жылғаның аумағында орналасқан 4 және 5 нүктелердегі топырақты пайдаланылуы шектеулі материалдарға жатқызуға болады (ПШМ, 300 Бк/кг-ден ТБМБ дейін), 3 нүктедегі топырақ радиоактивті қалдықтар санатына жатады. Аталған нүктедегі ^{137}Cs тиесілі белсенділігі $1{,}1 \cdot 10^4$ Бк/кг, ^{241}Am – $1{,}9 \cdot 10^3$ Бк/кг-ны құрады. Pu изотопының күтілетін құрамы $2{,}0 \cdot 10^4$ Бк/кг-ны құрайды, ол аталған радионуклид бойынша тиесілі белсенділіктің минималды маңызды құрамынан 20 есе жоғары (44-сурет, 45-сурет).



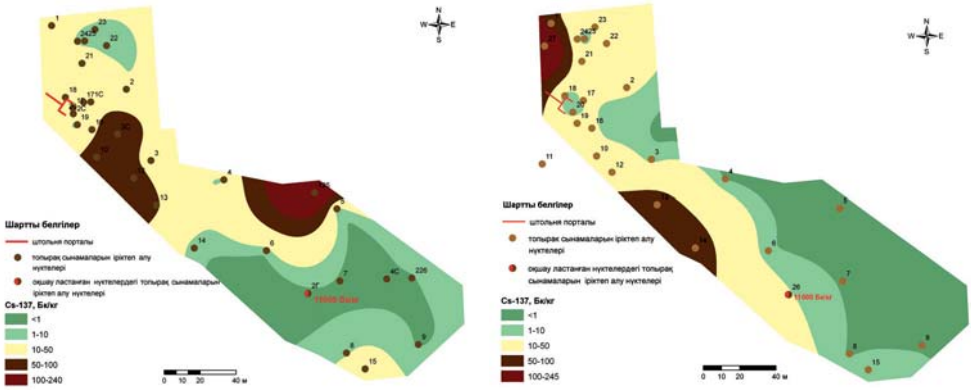
а б

41-Сурет. Алдын ала (а) және қорытынды (б) зерттеулер жүргізу барысында К2 штольнясы телімінің порталалды аумағындағы ^{137}Cs таралуының карта-сұлбасы



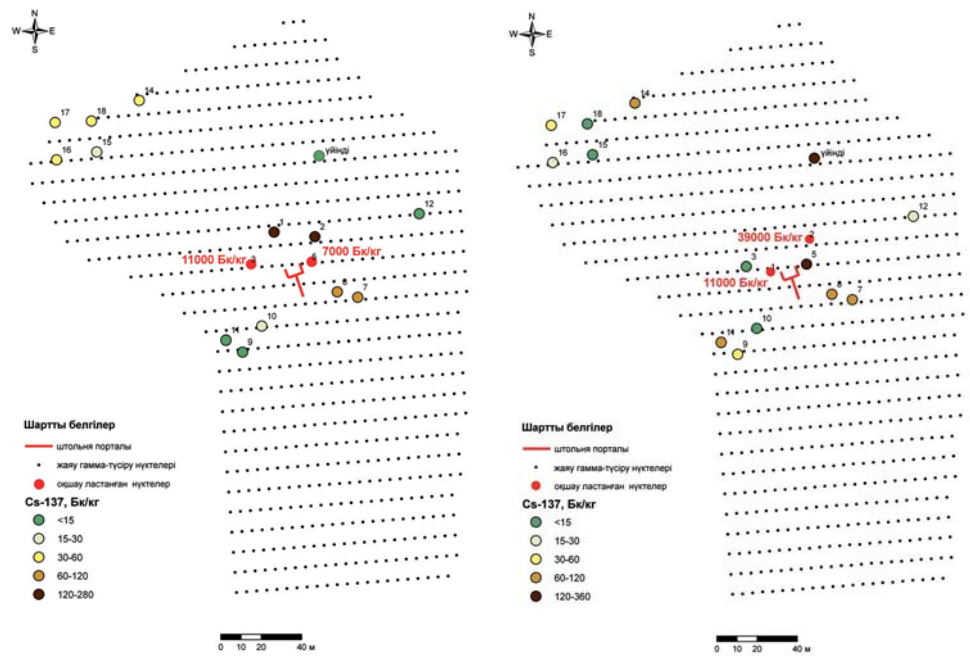
а б

42-Сурет. Алдын ала (а) және қорытынды (б) зерттеулер жүргізу барысында К2 штольнясы телімінің порталалды аумағындағы ^{241}Am таралуының карта-сұлбасы



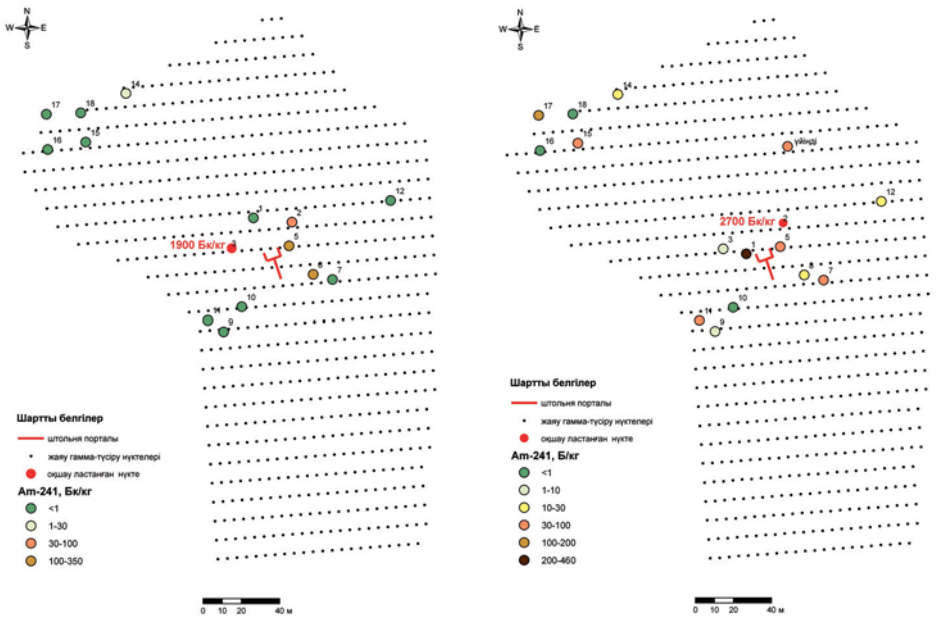
а б

43-Сурет. Алдын ала (а) және қорытынды (б) зерттеулер жүргізу барысында К3 штольнясы телімінің порталалды аумағындағы ^{137}Cs таралуының карта-сұлбасы



а б

44-Сурет. Алдын ала (а) және қорытынды (б) зерттеулер жүргізу барысында Т1 штольнясы телімінің порталалды аумағындағы ^{137}Cs таралуының карта-сұлбасы



а б

45-Сурет. Алдын ала (а) және қорытынды (б) зерттеулер жүргізу барысында Т1 штольнясы телімінің порталалды аумағындағы ^{241}Am таралуының карта-сұлбасы

4.3. Атмосфераның беткі қабатының радионуклидті ластануы

Ауа ортасының ластануын сипаттайтын негізгі радиоактивті заттектерге, ^{3}H, ^{90}Sr, ^{137}Cs, ^{241}Am және $^{239+240}$Pu техногенді радионуклидтері жатады. Ауа ортасындағы техногенді радионуклидтердің тиесілі белсенділігін анықтау ауа аэрозолдары мен су буларының сынамаларынан алынған көлемді техногенді радионуклидтерді тура өлшеу арқылы жасалды [6, 7]. Техногенді радионуклидтердің көлемді белсенділігінің максималды мәні, алдын ала жасалған зерттеулер барысында тіркелген және төмендегі кестеде көрсетілген (2-кесте).

Жұмыстардың нәтижелері бойынша, барлық нысандағы ауа ортасындағы техногенді радионуклидтердің құрамы, РҚН-99 бекіткен, көлемді белсенділіктің рауалы мәніндегі деңгейде екені анықталды [4].

Дегелең алаңының ауа бассейніндегі ^{3}H құрамы кең диапазонда 0,2-дейін 240 Бк/м^{3} дейін, ол «Тұрғындар» санатына арналған рауалы көлемдік белсенділіктен бірқатар төмен, алайда белгілі бір жағдайда тритийдің дозалық жүктемеге қосқан үлесі 10 % дейін болуы мүмкін.

4.4. Порталалды штольняларға алдын ала жүргізілген зерттеулер бойынша тұжырымдар

Алдын ала жүргізілген зерттеулер бойынша радиациялық-қауіптірек жағдай Т2 штольнясының аумағында орын алған. Аталған штольня аумағының радиациялық параметрлерінің максималды мәні, А санатты қызметкерлерге арналған, олар тұрақты жүріп-тұрған жағдайда рауалы мәннен аспайды [4]. 1999 ж. деректермен салыстырғанда,

күндік беткі қабатқа штольнялардың қуысынан металл құрылғыларымен ластанған топырақтың шығуы әсерінен, штольнялардың порталын қазу әрекеттеріне байланысты К2, К4, Т2 штольняларындағы радиациялық жағдайдың нашарлауына алып келді.

Радионуклидтердің тиесілі белсенділігінің максималды мәні К2 (^{137}Cs – 1,5·10^4 Бк/кг), Т1 (^{90}Sr – 2,2·10^4 Бк/кг), Т2 (^{241}Am – 9,6·10^7 Бк/кг, $^{239+240}$Pu – 1,0·10^9 Бк/кг) штольняларының оқшауланған ластанған телімдерінде алдын ала өткізілген зерттеулер барысында бекітілген болатын. Аталған радионуклидтердің тиесілі белсенділігінің максималды мәні, ^{90}Sr есептемегенде, нормативті деңгейден аспайды (ТБМБ, РҚН-99) [4].

Порталалды штольнялардың 3 телімінде ^{137}Cs үшін ТБМБ жоғарылауы тіркелді, трансуранды ^{241}Am және $^{239+240}$Pu радионуклидтері үшін – 6 штольняда тіркелді. Осымен қатар ластану, штольнялардың порталының жанында ғана емес сонымен қатар рұқсат етілмеген қызмет барысында пайда болған үйінділерде, ернеулерде де тіркелді.

Барлық нысандардың ауа ортасында техногенді радионуклидтердің құрамы, РҚН-99 бекіткен, көлемді белсенділіктің рауалы деңгейіндегі мәннен төмен болды [4].

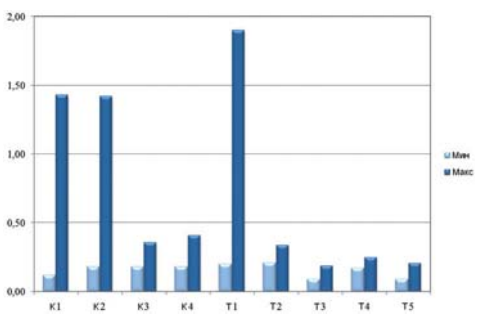
Алдын ала жүргізілген зерттеулердің нәтижелерінен анықталғандай, жоғары мәндегі радиациялық параметрлер қызметкерлердің қайта сәулеленуінің алдын алу үшін, таза топырақпен жабу жолымен зарарсыздандыру жұмысы жүргізілді.

5. ЖҰМЫСТАР АЯҚТАЛҒАННАН КЕЙІНГІ ШТОЛЬНЯЛАРДЫҢ ПОРТАЛАЛДЫ АЛАҢДАРЫ АУМАҒЫНДАҒЫ РАДИАЦИЯЛЫҚ ХАЛ-АХУАЛ

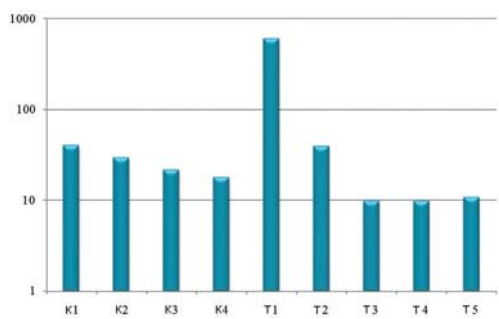
5.1. Радиометриялық және дозиметриялық өлшеу нәтижелері бойынша анықталған радиациялық жағдай

Қорытынды зерттеулер жүргізудегі өлшеулердің нәтижелері бойынша зерттеліп жатқан аумақта радиациялық параметрлердің таралуының карта-сұлбасы құрылды (9-сурет – 26-сурет).

Штольняларда қорытынды зерттеулер жүргізу барысындағы кезеңде ЭДҚ мәнінің максималды және минималды өлшемдері бойынша деректері гистограммада көрсетілген (46-сурет).



46-Сурет. Жұмыстар яқталғаннан кейінгі порталалды алаңның аумағындағы ЭДҚ мәнінің максималды және минималды өлшемдері, мкЗв/сағ



47-Сурет. Штольняларды алдын ала зерттеу кезеңіндегі β-бөлшек ағымы тығыздығының максималды мәні, бөлш/(мин·см^2)

Барлық штольнялардың порталалды аумағында алдын ала зерттеулер жүргізу барысында тіркелген β-бөлшек ағымы тығыздығының минималды мәні, 10 бөлш/(мин·см^2) асқан жоқ. Алдын ала зерттеулер жүргізу барысында тіркелген β-бөлшек ағымы тығыздығының максималды мәні, төмендегі гистограммада көрсетілген (47-сурет).

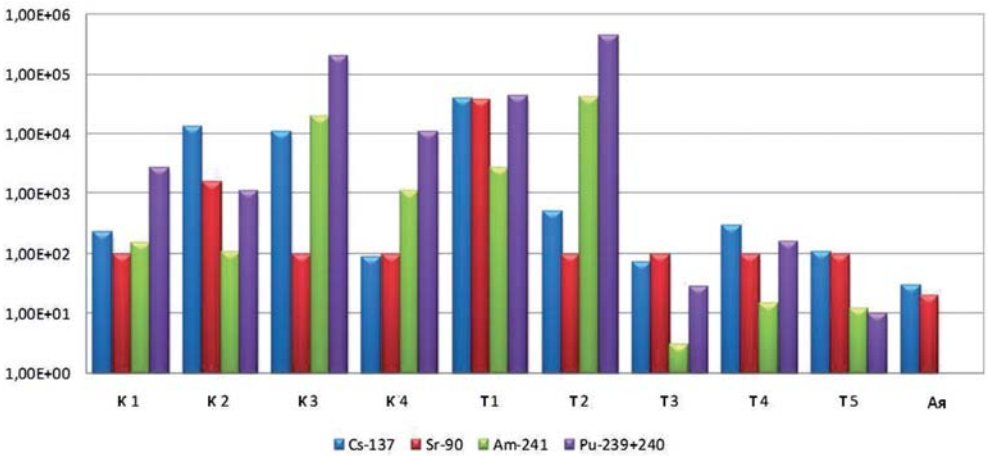
Зерттеу жүргізілген барлық телімдерде қорытынды зерттеу жүргізу барысында α-бөлшек ағымы тығыздығының мәні, пайдаланылып жатқан құралдардың анықтау шегінен асқан жоқ (0,2–10 бөлш/(мин·см^2)).

Қорытынды зерттеулердің нәтижелері бойынша максималды радиациялық параметрлер Т1 (ЭДҚ – 1,9 мкЗв/сағ, β-бөлшек ағымы тығыздығы – 610 бөлш/(мин·см^2)) (17, б-сурет), К1 және К2 (ЭДҚ – 1,4 мкЗв/сағ) (9, б-сурет, 11, б-сурет) штольняларының порталалды алаңдардың аумағында тіркелген. Барлық штольнялардың аумағында зерттеу нәтижелері бойынша қосымша қорғаныс құрылысы бойынша жұмыстар аяқталған соң радиациялық параметрлер А санатты қызметкерлерге арналған рауалы мәннен асқан жоқ [4].

5.2. Топырақтың беткі қабатының радионуклидті ластануы

Жұмыстардың қорытынды кезеңінде штольня телімдерінің порталалды аумақтарының техногенді радионуклидтердің қалдықтарымен ластану жай-күйіне баға берілді. Өлшеу нәтижелері бойынша сонымен қатар зерттеліп жатқан аумақта ^{137}Cs және ^{241}Am радионуклидтерінің таралуының карта-сұлбасы құрылды (29-сурет – 45-сурет).

^{137}Cs, ^{90}Sr, ^{241}Am және $^{239+240}$Pu радионуклидтерінің тиесілі белсенділігінің максималды мәні штольняларды қорытынды зерттеу кезеңімен төмендегі кестеде (2-кесте) және гистограммада (48-сурет) келтірілген).



48-Сурет. Штольняларды қорытынды зерттеу кезеңіндегі радионуклидтерінің тиесілі белсенділігінің максималды мәні, Бк/кг

Көрсетілген гистограммада, байқалып тұрғандай, ^{137}Cs радионуклидінің максималды мәні Т1 штольнясының порталалды аумағында тіркелген ($3{,}9\cdot10^4$ Бк/кг), ^{241}Am және, сәйкесінше, плутоний изотоптары – Т2 штольнясының ($4{,}1\cdot10^4$ және $4{,}5\cdot10^5$ Бк/кг) және Т1

штольнясының порталалды телімдерінде тіркелген. Зерттеліп жатқан аумақтағы штольняларда ^{90}Sr максималды құрамындағы ТБМБ аталған радионуклид үшін - $1 \cdot 10^5$ Бк/кг-дан аспайды.

Ластану сипатына қарай, ^{137}Cs, ^{241}Am және $^{239+240}Pu$ радионуклидтерінің тиесілі белсенділігінің максималды мәнін нормативті деңгеймен салыстыра отырып (ТБМБ, РҚН-99), штольнялардың порталалды телімдерін екі топқа бөлуге болады:

1. Зерттеліп жатқан аумақтың топырағындағы радионуклидтің құрамы барлық анықталатын радионуклидтер бойынша нормативті деңгейден аспайтын штольнялар (Т3, Т4, Т5);
2. Аумағындағы ^{241}Am немесе $^{239+240}Pu$ трансуранды радионуклидтердің максималды тиесілі белсенділігі $1 \cdot 10^3$ Бк/кг –ға тең штольнялар (К1- К4, Т1, Т2).

Штольнялардың бірінші тобының зерттеліп жатқан нысандарында радиациялық қаупітілік орын алған. Штольнялардың порталалды телімдеріндегі аумақта ^{137}Cs максималды құрамы қорытынды кезеңде $2{,}9 \cdot 10^2$ Бк/кг, ^{241}Am – 15 Бк/кг, $^{239+240}Pu$ – 165 Бк/кг, ^{90}Sr – <100 Бк/кг деңгейінде болды (Т4 штольнясы).

Штольнялардың бірінші тобы зерттеліп жатқан нысандардың топырағында ^{241}Am және/немесе $^{239+240}Pu$ трансуранды радионуклидтерінің ТБМБ құрамының жоғары болуымен сипатталады. ^{241}Am тиесілі белсенділігінің максималды мәні $4{,}1 \cdot 10^4$ Бк/кг, $^{239+240}Pu$ – $4{,}5 \cdot 10^5$ Бк/кг (Т2 штольнясы) құрады. Аталған мәндер ^{241}Am - 41 есе, ал $^{239+240}Pu$ – 450 есе жоғары (ТБМБ, РҚН-99), $1 \cdot 10^3$ Бк/кг-ға тең.

К1 штольнясының зерттеліп жатқан аумағының топырағында ^{137}Cs, ^{90}Sr және ^{241}Am құрамы нормативті деңгейден аспайды (ТБМБ, РҚН-99), ол сәйкесінше $1 \cdot 10^4$, $1 \cdot 10^5$ және $1 \cdot 10^3$ Бк/кг-ге тең. Плутоний бойынша есептік деректер және радиохимиялық талдама сынамаларының нәтижелері бойынша, зерттеліп жатқан аумақтағы үш (1, 5, 18) нүктеде $^{239+240}Pu$ тиесілі белсенділігі нормативті деңгейден жоғарылау қаупі орын алғанын көрсетті (ТБМБ - $1 \cdot 10^3$ Бк/кг).

К2 штольнясының аумағындағы барлық зертеліп жатқан нүктелерде ^{241}Am және ^{137}Cs құрамы табылды. ^{241}Am максималды тиесілі белсенділігі аталған радионуклид үшін 1/10 ТБМБ (100 Бк/кг) аспайды, ал ^{137}Cs максималды белсенділігі $1{,}4 \cdot 10^4$ Бк/кг-ны құрады. Үш (100, 143, 144) нүктедегі топырақтан алынған $^{239+240}Pu$ құрамы, ТБМБ мәнінің шегінде жатыр, максималды мәні $1{,}1 \cdot 10^3$ Бк/кг.

К3 штольнясының порталалды телімдерінен іріктеп алынған топырақтың зертханалық талдамасы нәтижесінде ^{137}Cs радионуклидінің кішігірім құрамы бар екені анықталды (максималды мәні 75 Бк/кг), ал ^{241}Am (<1 Бк/кг) құрамы жоқ. Оқшауланған ластанған алаңдарды ғана есептемегенде:

- № 1 телім: ^{241}Am – $2{,}0 \cdot 10^4$ Бк/кг, ^{137}Cs – $1{,}2 \cdot 10^3$ Бк/кг, ^{152}Eu – 32 Бк/кг, ^{60}Co – 5 Бк/кг, ^{90}Sr – $7{,}7 \cdot 10^2$ Бк/кг;
- № 2 телім (ластану алдын ала жүргізілген зерттеулер нәтижесінде анықталды): ^{241}Am – $6{,}0 \cdot 10^2$ Бк/кг, ^{137}Cs – $1{,}1 \cdot 10^4$ Бк/кг, ^{152}Eu – $2{,}5 \cdot 10^2$ Бк/кг, ^{154}Eu – 19 Бк/кг, ^{60}Co – 45 Бк/кг, ^{90}Sr – $4 \cdot 10^2$ Бк/кг.

Бірінші телімдегі $^{239+240}Pu$ күтілетін құрамы шамамен $2{,}0 \cdot 10^5$ Бк/кг болады. Осылайша, №1 телімде ошақталған топырақ орташа ластанған радиоактивті қалдықтарға жатқызылады [8]. № 2 телімде $^{239+240}Pu$ күтілетін құрамы $6{,}0 \cdot 10^3$ Бк/кг-ны құрайды, ол төменбелсенді радиоактивті қалдықтарға жатады.

К4 штольнясының порталалды телімдерінен іріктеп алынған топырақтағы ^{90}Sr және ^{137}Cs тиесілі белсенділігінің құрамы ТБМБ нормативті деңгейінен асқан жоқ. Алайда, аталған штольняда ^{241}Am құрамы нүктенің 45% тіркелді, негізінен, аталған радионуклид үшін ТБМБ 1,1 есе аспайды. Максималды мән $1{,}1 \cdot 10^3$ Бк/кг-ны құрады (үйінді), ол аталған радионуклид үшін 1,1 еседен аспайды. Техногенді ластанудың орын алуы алдын ала зерттелген оқшауланған ластану үйілген телімде анықталды (^{241}Am –$2{,}7 \cdot 10^2$ Бк/кг). Бұл ластанған телімдерді топырақпен үю үшін техногенді бұзылған тау шатқалынан алынған топырақ пайдаланылды, ол топырақтың терең қабатында трансуранды радионуклидтерді ұстап қалуына байланысты болды. Қалпына келтіру жұмыстарын жүргізу барысындағы жасалған далалық гамма-спектрометриялық бақылау техногенді ластану астында жасырынған, қорытынды зерттеу барысында қиыршық тас сынамаларынан іріктеп алынған зертханалық талдамаларды өткізген соң анықталды.

Т1 штольнясының жұмыс алаңшасының аумағында ^{90}Sr максималды тиесілі белсенділік нормативті деңгейден аспайды, ол $1 \cdot 10^5$ Бк/кг-ға тең, ал ^{137}Cs бойынша $1 \cdot 10^4$ Бк/кг жоғарылау деңгейі екі нүктеде 2, 3 ($3{,}9 \cdot 10^4$ Бк/кг және $1{,}1 \cdot 10^4$ Бк/кг) анықталды. Аталған жоғарылау жұмыс алаңы аумағынан ластанған топырақтың таралуымен және штольнядан радионуклидті ластанудың шығарылуымен түсіндіріледі.

Зерттеліп жатқан аумақта жұмыстар аяқталған соң ^{241}Am құрамы, РҚН-99 бекіткен, нормативті деңгейден аспайды және $1 \cdot 10^3$ Бк/кг тең, жұмыс алаңының аумағында жатқан 2 нүкте ($2{,}7 \cdot 10^3$ Бк/кг) ғана ерекшеленеді.

Плутоний бойынша есептік деректер және радиохимиялық талдамалардың нәтижелері, зерттеліп жатқан 2, 3, 5 нүктелерінде $^{239+240}Pu$ құрамының нормативті деңгейден (ТБМБ $1 \cdot 10^3$ Бк/кг) 40 есеге (2-нүкте $4{,}4 \cdot 10^4$ Бк/кг) жоғарылауы мүмкін екендігін көрсетті.

Т1 штольнясында инженерлік жұмыстарды орындау процесінде, шамалауымыз бойынша, штольнядан тыс жерге радионуклидті ластанудың шығарылуы орын алған, соның есебінен штольняның порталына жақын аумақ ластануға ұшыраған. Алайда, радиоактивті ластануды оқшауландыру бойынша шаралар жұмыс алаңына жақын жатқан аумақтарда ластанудың таралуына жол берген жоқ.

Т2 штольнясының порталалды аумағында қорытынды жұмыстар өткізілген соң да радиациялық-қауіпті аумақ болып қалды.

Зертханалық зерттеулер деректері бойынша зерттеліп жатқан топырақ сынамаларының шамамен 83%, $^{239+240}Pu$ және ^{241}Am құрамы бойынша аталған радионуклидтердің ТБМБ салыстыруда ($1 \cdot 10^3$Бк/кг) жоғары радиоактивті қалдықтарға жатқызылуы мүмкін. ^{241}Am тиесілі белсенділігі <3-тен $4{,}1 \cdot 10^4$ Бк/кг-ға дейінгі мәнде құбылады, ТБМБ максималды жоғарылауы 41 есеге жоғарылайды. $^{239+240}Pu$ күтілетін құрамы барлық нүктелерде нормативті деңгейден аспайды (ТБМБ $^{239,240}Pu$ $1 \cdot 10^3$ Бк/кг). Осылайша, $^{239+240}Pu$ тиесілі белсенділігінің максималды мүмкін деген мәні $4{,}5 \cdot 10^5$ Бк/кг-ға дейін жетеді.

Қосымша түрде тұрғын аймақты зерттеу жұмыстары жүргізілді, оның нәтижесінде оқшауланған радиоактивті ластанған 2 телім анықталды. Екі телім де алдын ала тексеру барысында анықталмаған болатын, себебі оқшауланған сипатта (≈1 м^2) және жұмыстар жүргізу аумағы мен алдын ала жүргізілген радиоэкологиялық зерттеулердің шекарасынан тыс жерде жатыр. Ластанған аумақтар тұрғын вагондардан

≈30 метр арақашықтықта, жартасты жерде орналасқан және жартастың бетіне шашылған жынысқа ұқсайды. Радиациялық қауіпті Мах нүктесі болып табылады, ондағы ^{137}Cs құрамында $1{,}6 \cdot 10^5$ Бк/кг, ^{90}Sr – $2{,}9 \cdot 10^5$ Бк/кг, аталған мәндер ТБМБ (10^4 және 10^5 Бк/кг сәйкесінше) жоғары. Аталған жерде ешқандай жұмыс орындары жүргізілмегендіктен, ластану Т2 нысанында жүргізілген шараларға байланысты емес.

Т2 штольнясының жұмыс алаңындағы аумақта жүргізілген зертханалық талдамалардың нәтижесі бойынша ^{241}Am және $^{239+240}$Pu тиесілі белсенділігі радиоактивті ластанған телімдерде зарарсыздандыру жүргізген соң төмендесе де, аталған радионуклидтердің қалдығының құрамы рауалы деңгейден едәуір жоғары (ТБМБ).

5.3. Атмосфераның жербеткі қабатының радионуклидті ластануы

Алдын ала зерттеулер жүргізу барысында топырақтағы радионуклидтердің құрамы өте жоғары мәнде болса да ауадағы радионуклидтердің көлемдік белсенділігінің қомақты мәні тіркелген жоқ, сол себепті қорытынды зерттеу барысында атмосфераның жербеткі қабатының ластануын зерттеудің еш қажеттілігі болған жоқ.

5.4. Штольнялардың порталалды алаңдарына жүргізілген қорытынды зерттеу тұжырымдары

Қорытынды зерттеулер нәтижесінде, Т1, К1 және К2 штольняларының порталалды телімдері аумағында радиациялық параметрлердің максималды мәні анықталды. Барлық штольнялардың аумағында зерттеулердің нәтижелері бойынша қосымша қорғау құрылысы бойынша жұмыстар аяқталған соң радиациялық параметрлер А санатты қызметкерлерге арналған рауалы мәннен асқан жоқ [4].

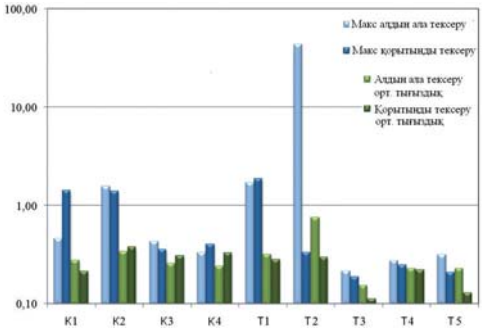
Радионуклидтердің тесілі белсенділігінің максималды мәні Т1 (^{137}Cs – $3{,}9 \cdot 10^4$ Бк/кг, ^{90}Sr – $3{,}8 \cdot 10^4$ Бк/кг), Т2 (^{241}Am – $4{,}1 \cdot 10^4$ Бк/кг, $^{239+240}$Pu – $4{,}5 \cdot 10^5$ Бк/кг) штольняларының оқшаулы ластанған телімдерінде қорытынды жұмыстар жүргізу барысында белгіленді. ^{137}Cs, ^{241}Am және $^{239+240}$Pu тиесілі белсенділіктерінің максималды мәні нормативті деңгейден аспайды, ол $1 \cdot 10^4$, $1 \cdot 10^3$ және $1 \cdot 10^3$ Бк/кг тең, ал ^{90}Sr құрамының максималды мәні ТБМБ $1 \cdot 10^5$ Бк/кг-дан аспайды.

^{137}Cs құрамының ТБМБ жоғарылауы 3 штольняның порталалды телімдерінде белгіленген, трансуранды ^{241}Am және $^{239+240}$Pu радионуклидтері – 6 штольняда анықталған. Алдын ала тексеру барысында үйінділер мен ернеулерде ғана емес, сонымен қатар штольнялардың порталдары жанында рұқсат етілмеген қызмет жүргізу барысында пайда болған оқшаулы телімдерде де тіркелді.

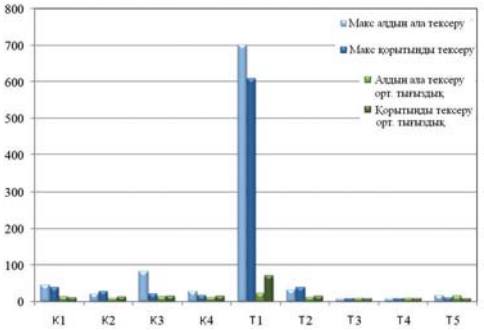
6. ШТОЛЬНЯЛАРДЫҢ ПОРТАЛАЛДЫ ТЕЛІМДЕРІНІҢ РАДИАЦИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙЫНА ӨТКІЗІЛГЕН ЖҰМЫСТАРДЫҢ ӘСЕР ЕТУІН БАҒАЛАУ

6.1. Радиометриялық және дозиметриялық өлшеулердің нәтижелері бойынша радиациялық жағдайдың өзгерісі

Штольняларда алдын ала және қорытынды зерттеу жүргізу кезеңіндегі ЭДҚ максималды мәні бойынша деректер гистограммада көрсетілген (49-сурет).



49-Сурет. Штольняларда алдын ала және қорытынды зерттеу жүргізу кезеңіндегі ЭДҚ максималды мәні және орташа тығыздығы, мкЗв/сағ



50-Сурет. Штольняларда алдын ала және қорытынды зерттеу жүргізу кезеңіндегі β-бөлшек ағымы тығыздығының максималды мәні және орташа тығыздығы, бөлш/(мин·см^2)

Гистограммадан байқап отырғанымыздай, ЭДҚ максималды мәні К2, Т1, Т2 штольняларының оқшаулы ластанған телімдеріне алдын ала зерттеу жүргізу барысында тіркелді. ЭДҚ максималды мәні Т2 штольнясында – 44 мкЗв/сағ тіркелді. РҚН-99 сәйкес, осындай жұмыстарды жүргізген жағдайда, барлық жұмыс уақыты бойында қызметкерлердің тиімді дозасы сыртқы сәулелену көзінен ~ 4 есеге жоғарылауы мүмкін [4]. Қорытынды зерттеулер жүргізу барысындағы ЭДҚ максималды мәні К1, К2, Т1 штольняларының оқшауланған телімдерінде тіркелді.

Т2, Т5 штольняларында жұмыстарды жүргізгеннен кейінгі ЭДҚ максималды мәнінің төмендеуін байқауға болады, сонымен қатар алғашқы бағалау бойынша, өткізілген жұмыстар аталған штольнялардың порталалды алаңдарында радиациялық ластану деңгейін төмендетуге мүмкіндік берді. Қорытынды зерттеу барысында К1, Т1 штольняларына алдын ала зерттеу жүргізу барысында, ЭДҚ құрамының жоғары мәні тіркелді, өткізіліп жатқан жұмыстар аталған штольнялардың порталалды алаңдарында радиациялық жағдайына теріс әсерін тигізді деп болжауға болады.

Алайда, ЭДҚ максималды мәні толықтай, порталалды алаңдарында радиациялық жағдайын сипаттайды, себебі ластану аумағы ескерілмейді. Ластану аумағының әсерін бағалау үшін ластанудың орташа тығыздығының есебі жасалды.

Ластанудың орташа тығыздығын есептеу үшін, әрбір порталалды алаңдар үшін аумақ есептелді. Радиациялық параметрлердің таралу сұлбасы бойынша, ЭДҚ диапазонына байланысты әрбір штольняның негізгі изосызығы анықталды. Ластанудың орташа тығыздығын есептеу бойынша ЭДҚ диапазонының үстіңгі мәні алынды, одан кейін әрбір изосызық үшін алаң есептелді. ЭДҚ түрлі мәнінің үлесін бағалау зерттеліп жатқан алаңда алаңның жалпы аумағына пайыздық қатынаста аталаған деректерді сипаттайтын алаңға қатысты жүргізілді. Порталалды алаңдардың ластануының орташа тығыздығын зерттеу нәтижелері бойынша алдын ала және қорытынды зерттеу нәтижелері кестеде және гистограммада көрсетілген (2-кесте, 49-сурет).

Жұмыстар өткізілгеннен кейінгі және дейінгі ЭДҚ максималды мәнін және ластанудың орташа тығыздығының нәтижелерінің есебін салыстыра отырып, штольняларды радиациялық жағдайдың өзгеру сипаты бойынша бөлуге болады:

1. Аталған шамаларды анықтаудың дәлсіздігі шеңберінде жатқан орташа тығыздығы бар және ЭДҚ мәнінің өзгерісі бар (К2, К3, К4, Т3, Т4) штольнялар, аталған жұмыстар порталалды алаңдарында радиациялық жағдайына еш әсер еткен жоқ;
2. Ластанудың орташа тығыздығы төмендеген және ЭДҚ максималды мәні төмендеумен сипатталатын (Т2, Т5) штольнялар, олар жұмыстар басталғанға дейін жасалған зарарсыздандыру шараларының нәтижелері болып табылады;
3. Орташа тығыздығының өзгерісі шамалы ЭДҚ максималды мәнінің жоғарылауы орын алған К1, Т1 –штольнялары (аталған шаманы анықтаудың дәлсіздігі шеңберінде). Алаңның ластануы оқшауланған сипатта және штольнядан (К1) ластанған топырақтың шығарылуына байланысты немесе жұмыс алаңы жанында (Т1) радиациялық қауіптілігі жоғары нысандардың орналасуы себебіне байланысты шартталуы мүмкін (үйінділер, бұлақтардың аумағы, штольнядан шыққан сулар).

Штольняларды алдын ала және қорытынды зерттеу кезеңінде β-бөлшек ағымы тығыздығының максималды және минималды өлшемдері бойынша деректер гистограммада келтірілген (50-сурет).

β-бөлшек ағымы тығыздығының максималды мәні Т1 штольнясының оқшаулы ластанған теліміне алдын ала және қорытынды зерттеу барысында анықталды (алдын ала зерттеу – 700 бөлш/(мин·см^2), қорытынды зерттеу – 610 бөлш/(мин·см^2)). Алғашқы бағалау бойынша, өткізіліп жатқан жұмыстар К3, К4, Т1, Т5 штольняларының порталалды телімдеріндегі радиациялық ластану деңгейін төмендетуге мүмкіндік берді. Т3 және Т4 штольняларының аумағында алдын ала зерттеу және қорытынды зерттеу кезеңінде де β-бөлшек ағымы тығыздығының өлшенген мәні пайдаланылып жүрген аспаптардың анықтау шегінен асқан жоқ, осыған байланысты өткізілген жұмыстар радиациялық жағдайға әсер еткен жоқ деп айтуға болады.

Сонымен қатар, алдын ала және қорытынды зерттеулер жүргізу барысында порталалды алаңдардың β-бөлшек ағымы ластану тығыздығының орташа есебі жасалды (2-кесте, 50-сурет).

Порталалды алаңдардың β-бөлшек ағымы ластану тығыздығының орташа есебінен Т1 штольнясында жұмыстар жүргізілген соң радиациялық жағдай нашарлағанын көрсетті.

Ластанудың орташа тығыздығын есебінің нәтижелері жұмыс аяқталғаннан кейінгі және оған дейінгі β-бөлшек ағымы тығыздығының максималды мәнінің өзгерісін салыстыра отырып, штольняларды радиациялық жағдайының өзгеру сипаты бойынша төмендегідей бөлуге болады:

1. Аталған шамаларды анықтаудың дәлсіздігі шеңберінде жатқан орташа тығыздығы мен β-бөлшек ағымы тығыздығының мәнінің өзгерісі орыналған штольнялар (К1, К2, Т2, Т3, Т4), ол жерде өткізілген жұмыстар штольнялардың порталалдындағы радиациялық жағдайға еш әсер еткен жоқ;
2. Орташа ластану тығыздығы, дәлсіздік шеңберінде, болмашы өзгерістер барасында β-бөлшек ағымы тығыздығының максималды мәнінің төмендеуімен сипатталатын штольнялар (К3, К4, Т5), бұл жұмыстар басталғанға дейін зарарсыздандыру жұмыстары өткізілгендігін дәлелдейді. Орташа тығыздық бойынша болмашы өзгерістер алдын ала зерттеу барысында тіркелген β-бөлшек ағымы тығыздығының максималды мәні, орташа жалпы тығыздыққа

қосатын үлесі қомақсыз болғандықтан кішігірім көлемдегі оқшаулы дақтарға сабақтастырылған;

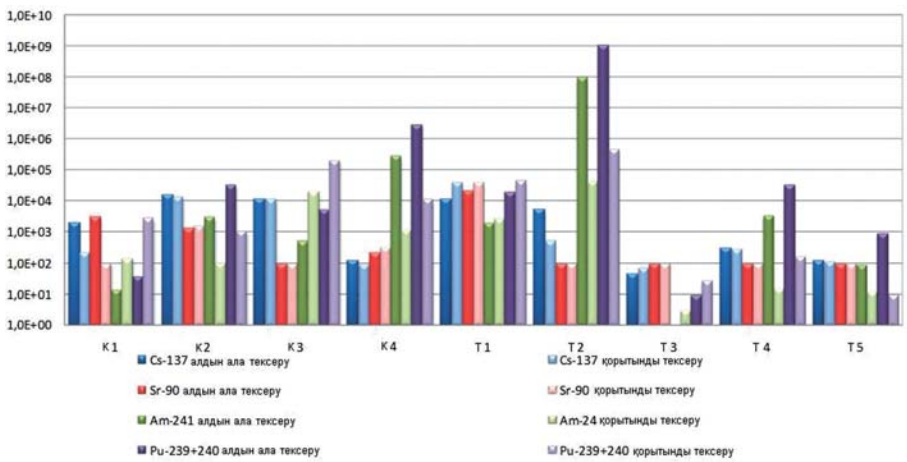
3. Ластанудың орташа тығыздығы жоғары болып саналатын β-бөлшек ағымы тығыздығының өзгерісі болмашы Т1 штольнясы (өлшеулердің дәлсіздігі шеңберінде). Алаңның ластануы, өткізілген жұмыстардың әсерінен алаң аумағы бойымен радиациялық қауіптілігі жоғары нысандарда ластанған топырақтардың таралуымен шартталған;

Талдама нәтижесінде келесі түйіндер жасалды:

- К1 – алаңның ластануы, өткізілген жұмыстардың зардабынан, оқшаулы сипатта және γ–сәуле шығарушы радионуклидтердің құрамы жоғары топырақтың шығарылуымен шартталған және оқшауланған сипатта.
- К2, Т3, Т4 – жұмыстарды өткізу штольня аумағының радиациялық халахуалына еш әсер еткен жоқ.
- К3, К4, Т2, Т5 – порталалды алаңның аумағында жұмыстар басталғанға дейін өткізілген зарарсыздандыру жұмыстары порталалды алаңның аумағындағы жағдайды жақсартты.
- Т1 – алаңның ластануы, өткізілген жұмыстардың зардабынан, γ–сәуле шығарушы радионуклидтердің құрамы жоғары нысандардың (үйінділердің) жақын болуымен шартталған және оқшауланған сипатта, сонымен қатар, порталалды алаңның аумағында бұдан бұрын орын алған β-сәуле шығарушы радионуклидтердің таралуы тіркелген.

6.2. Топырақтың беткі қабатының радионуклидті ластануының өзгерісі

Зерттеліп жатқан телімдердің радиоэкологиялық ахуалының өзгерісін бағалау үшін, жұмыстардың қорытынды және алдын ала зерттеулері барысында анықталған, техногенді радионуклидтердің тиесілі белсенділігінің максималды мәнінің өзгеруі бойынша салыстырмалы талдау жүргізу қажет (51-сурет).



51-Сурет. Штольнялардың порталалды телімдерінде алдын ала және қорытынды зерттеу жүргізу барысындағы радионуклидтердің тиесілі белсенділігінің максималды мәнін салыстыру

Радионуклидтердің тиесілі белсенділігінің максималды мәнінің төмендеуі К2, К4, Т2, Т4 және Т5 штольняларының аумағында орын алды, оған аталған нысандарда радиоэкологиялық жағдайдың жақсаруы куә. Радионуклидтердің тиесілі белсенділігінің максималды мәнінің жоғарылауы төрт штольняда тіркелген (К3, Т1, Т3), бұл жерде Т3 штольнясының порталалды телімінде алдын ала және қорытынды зерттеу жүргізу барысындағы максималды мәні радионуклидтерді анықтау әдісінің дәлсіздігі шегінде жатыр. К1 штольнясында ^{137}Cs және ^{90}Sr тиесілі белсенділігінің максималды мәнінің төмендеуі барасында ^{241}Am және $^{239+240}$Pu трансуранды радионуклидтерінің құрамының ұлғаюы байқалады.

Штольняның порталалды телімінде радионуклидтердің тиесілі белсенділігінің максималды мәнінің жоғарылауы техногенді радионуклидтердің таралуы орын алуымен байланысты, алдыңғы зерттеулермен салыстырғанда, штольня аумағында инженерлік жұмыстардың жүргізілуімен шартталуы мүмкін, ал штольняға жақын жатқан аумақтың ластануы – екінші қайта тасымалдау салдарынан болуы мүмкін.

Зертханалық зерттеу нәтижелері үшін, әрбір зерттелетін штольняда ^{137}Cs, ^{90}Sr, ^{241}Am және ^{239,240}Pu радионуклидтерінің тиесілі белсенділігінің орташа мәні есептелді. Әрбір радионуклидтің тиесілі белсенділігінің орташа мәнін есептеп шығару аталған алаңдағы сынамалардың әрбір нүктесін ескере отырып жасалды. Алаңдарды зерттеу барысында нүктелердің түрлі мөлшері 17-ден 42-ге дейін зерттелді, олар ландшафтқа, аумақтың ластануы, жасалатын жұмыстардың түрлеріне байланысты. Сұлбада (2-кесте) штольняларда алдын ала және қорытынды зерттеу жүргізу кезінде іріктеп алынған топырақтағы техногенді радионуклидтердің құрамының орташа мәніне салыстырмалы талдама жүргізу нәтижелері келтірілген.

Топырақтағы радионуклидтердің тиесілі белсенділігінің орташа мәнін есептеуден, соңғы зерттеу барысында зерттеліп жатқан аумақтың бәрінде техногенді радионуклидтердің тиесілі белсенділігінің орташа мәнінің едәуір төмендеуі орын алғаны және радиациялық жағдайдың жақсарғанын көрсетті. Көп жағдайда аталған радионуклидтердің тиесілі белсенділігі радиоактивті ластанған телімдерде радиациялық қауіптілікті төмендету бойынша жасалған шаралардан соң төмендеді (К2, К4, Т2, Т4, Т5). К1, К3, Т1 және Т3 штольняларының порталалды телімдерінің аумағы ерекшеленеді, ол жерде қорытынды зерттеу барысында тиесілі белсенділіктің орташа мәні зерттеулер барысында алынған мәннен жоғары. Орташа мәннің жоғарылауы радионуклидтердің таралуына және штольняларда инженерлік жұмыстарды өткізуге байланысты.

Штольняларының порталалды телімдерінің аумағындағы радиациялық жағдайды максималды және орташа мәндер бойынша толық көлемде бағалауға болмағандықтан, алаңдық ластанудың есебі жүргізілді. К2, Т2, Т4 штольняларында зертханалық талдамалар үшін топырақ сынамаларын іріктеп алу жұмыстары жүргізілді және әрбір порталалды телімнің аумағы қамтылды. Сол себепті аталған штольнялар үшін ^{137}Cs, ^{241}Am радионуклидтерімен ластануының карта-сұлбасы құрылды және изосызықтардың алаңын есептеу әдісімен алаңдық ластану әдісімен есептеу жүргізілді, басқаша айтқанда сынамаларға гамма-спектрометриялық талдама жасау жұмыстарын жүргізу нәтижесінде алынған деректерге байланысты деректер бойынша жасалды. К2, Т2, Т4 штольняларының алаңдық ластануы бойынша алынған деректер кестеде келтірілген (2-кесте).

К2 штольнясында ^{137}Cs құрамы орын алған дақтардың алаңы 10^4 Бк/кг-ға төменге 76 м^2 -ден 55 м^2 –ге дейін азайды, алайда аталған штольняның порталалды аумағында ^{137}Cs алаңдық ластануының орташа мәні, келтірілген үш штольняға қарағанда ең максималды болып келеді. Аталған дақтар штольнядан 100 м арақашықтықта үйінділердің орнында орналасқан.

^{241}Am құрамы бойынша ең лас аталған радионуклидтің тиесілі белсенділігінің орташа және максималды талдамасы барысында анықталған, сонымен қатар алаңдық ластанудың есебі бойынша Т2 штольнясының порталалды аумағы болып табылады. Аталған штольняда қосымша қорғау құрылысын салу бойынша өткізілген жұмыстар порталалды телімдердің жағдайының нашарлауына әкелген жоқ, ал зарарсыздандыру жұмыстарын өткізу беткі қабатта жатқан радионуклидтердің едәуір төмендеуіне алып келді. ^{241}Am құрамы 10^3 Бк/кг-дан жоғары ластанған аумақ 2 есеге төмендеді, $3{,}5 \cdot 10^3$ м^2 -ден $1{,}5 \cdot 10^3$ м^2 –ге дейін азайды.

Қалған штольняларда, зертханалық талдамаларға арналған сынамаларды алу нүктелерінің мөлшерінің кішігірім болуы есебінен, аумақтың ^{137}Cs, ^{241}Am, ^{90}Sr және $^{239+240}Pu$ радионуклидтерімен ластану картасын талдаулар нәтижесі бойынша құру мүмкін болмады.

Берілген салыстырмалы талдау алаңдық ластануды есептеу бойынша радионуклидтердің тиесілі белсенділігінің орташа және максималды мәнінің өзгеру тенденциясын нақтылайды, кейбір жағдайда кертартпа әдіс те болып келеді және қызметкерлер мен тұрғындарға арналған қатерді бағалауды төмендетуге жол бермейді.

Штольняларының порталалды телімдерінің зерттеліп жатқан аумағында техногенді радионуклидтердің тиесілі белсенділігінің максималды және орташа мәнінің өзгерісі бойынша жұмыстар өткізгенге дейін және одан кейін және орташа алаңдық ластанудың есебінің нәтижесі бойынша штольняларды радиациялық жағдайының өзгеру сипаты бойынша төмендегідей бөлуге болады:

1. Аталған шамаларды анықтаудың дәлсіздігі шеңберінде жатқан немесе топырақта радионуклидтердің құрамының төмендеуі байқалатын орташа тығыздықтың және радионуклидтердің тиесілі белсенділігінің максималды және орташа мәнінің өзгерісі болған штольнялар (К2, К4, Т2, Т4, Т5), ендеше өткізілген жұмыстар еш өзгеріс тудырған жоқ немесе порталалды алаңының радиациялық жағдайын жақсартты;
2. Трансуранды радионуклидтерінің құрамы жоғары және бағалаудың барлық критерийлері бойынша ^{137}Cs, ^{90}Sr радионуклидтерінің құрамы төмендеуімен сипатталатын штольнялар (К1, К3), ол жұмыс басталғанға дейін зарарсыздандыру шараларын өткізу салдарынан, сонымен қатар штольняда жұмыстарды орындау барысында радионуклидтердің таралуына немесе шығарылуына байланысты;
3. ^{137}Cs, ^{241}Am, ^{90}Sr және $^{239+240}Pu$ радионуклидтердің тиесілі белсенділігінің максималды және орташа мәнінің жоғарылауымен сипатталатын штольнялар (Т1, Т3). Алаңның ластануы өткізіліп жатқан жұмыстардың салдарынан алаңының аумағы бойында ластанған топырақтың таралуына немесе шығарылуымен шартталған, ол радионуклидтердің құрамының орта есеппен 2 есеге ұлғаюына байланысты.

2-Кесте

2006-2009 жж. алдын ала және қорытынды зерттеулердің нәтижелері бойынша Дегелең таулы массивіндегі штольнялардың порталалды алаңдарының аумағындағы радиациялық параметрлердің жиынтық кестесі

Параметр			К1	К2	К3	К4	Т1	Т2	Т3	Т4	Т5
ЭДҚ максималды мәні, мкЗв/сағ		Алдын ала зерттеу	0,47±0,09	1,60±0,32	0,44±0,09	0,34±0,07	1,75±0,31	44,00±8,80	0,22±0,04	0,28±0,06	0,32±0,06
		Қорытынды зерттеу	1,43±0,29	1,42±0,28	0,36±0,07	0,40±0,08	1,90±0,38	0,34±0,07	0,19±0,04	0,25±0,05	0,21±0,04
ЭДҚ өлшемі бойынша ластанудың орташа тығыздығы, мкЗв/сағ		Алдын ала зерттеу	0,28±0,08	0,34±0,10	0,26±0,08	0,24±0,07	0,32±0,10	0,76±0,23	0,16±0,05	0,23±0,07	0,23±0,07
		Қорытынды зерттеу	0,21±0,06	0,38±0,11	0,31±0,09	0,33±0,10	0,28±0,08	0,30±0,09	0,11±0,03	0,22±0,07	0,13±0,04
Бета-бөлшек ағымы тығыздығының максималды мәні, бөлш/(мин·см^2)		Алдын ала зерттеу	48±10	22±4	85±17	30±6	700±140	35±7	10±2	10±2	18±4
		Қорытынды зерттеу	41±8	30±6	22±4	18±4	610±122	40±8	10±2	10±2	11±2
Бета-бөлшек ағымы тығыздығының өлшемі бойынша орташа ластану тығыздығы, бөлш/(мин·см^2)		Алдын ала зерттеу	14±4	10±3	15±5	11±3	22±7	13±4	10±3	10±3	16±5
		Қорытынды зерттеу	11±3	15±5	17±5	16±5	71±21	16±5	10±3	10±3	10±3
альфа-бөлшек ағымы тығыздығының максималды мәні, бөлш/(мин·см^2)		Алдын ала зерттеу	<0,2	<0,2	<0,2	140±30	<0,2	100±20	<0,2	<0,2	<0,2
		Қорытынды зерттеу	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Алдын ала зерттеу жүргізу барысындағы ауадағы көлемдік белсенділіктің максималды мәні, Бк/м^3		^{137}Cs	$4\cdot10^{-4}\pm 1\cdot10^{-4}$	$< 8\cdot10^{-2}$	$2\cdot10^{-3}\pm 2\cdot10^{-4}$	$<3\cdot10^{-3}$	$5\cdot10^{-4}\pm 9\cdot10^{-5}$	$< 1\cdot10^{-1}$	$5\cdot10^{-4}\pm 2\cdot10^{-4}$	$< 6\cdot10^{-2}$	$1,7\cdot10^{-4}\pm 5,5\cdot10^{-5}$
		^{241}Am	$<9\cdot10^{-5}$	$< 4\cdot10^{-2}$	$< 2\cdot10^{-2}$	$< 2\cdot10^{-3}$	$<9\cdot10^{-5}$	$< 6\cdot10^{-2}$	$<2\cdot10^{-4}$	$< 4\cdot10^{-2}$	$< 9,25\cdot10^{-5}$
Тиесілі белсенділіктің максималды мәні, Бк/кг	^{137}Cs	Алдын ала зерттеу	$1,9\cdot10^{3}\pm 0,4\cdot10^{3}$	$1,5\cdot10^{4}\pm 0,4\cdot10^{3}$	$1,1\cdot10^{4}\pm 0,2\cdot10^{4}$	$1,2\cdot10^{2}\pm 0,2\cdot10^{2}$	$1,1\cdot10^{4}\pm 0,2\cdot10^{4}$	$5,3\cdot10^{3}\pm 1,1\cdot10^{3}$	$4,5\cdot10^{1}\pm 0,9\cdot10^{1}$	$3,0\cdot10^{2}\pm 0,6\cdot10^{2}$	$1,2\cdot10^{2}\pm 0,2\cdot10^{2}$
		Қорытынды зерттеу	$2,3\cdot10^{2}\pm 0,5\cdot10^{2}$	$1,4\cdot10^{4}\pm 0,4\cdot10^{4}$	$1,1\cdot10^{4}\pm 0,2\cdot10^{4}$	$9,0\cdot10^{1}\pm 1,8\cdot10^{1}$	$3,9\cdot10^{4}\pm 0,8\cdot10^{4}$	$5,1\cdot10^{2}\pm 1,8\cdot10^{2}$	$7,2\cdot10^{1}\pm 1,4\cdot10^{1}$	$2,9\cdot10^{2}\pm 0,6\cdot10^{2}$	$1,1\cdot10^{2}\pm 0,2\cdot10^{2}$
	^{90}Sr	Алдын ала зерттеу	$3,1\cdot10^{3}\pm 0,6\cdot10^{3}$	$1,4\cdot10^{3}\pm 0,4\cdot10^{3}$	$1,5\cdot10^{4}\pm 0,3\cdot10^{4}$	$2,3\cdot10^{2}\pm 0,5\cdot10^{2}$	$2,2\cdot10^{4}\pm 0,4\cdot10^{4}$	$<1,0\cdot10^{2}$	$<1,0\cdot10^{2}$	$<1,0\cdot10^{2}$	$<1,0\cdot10^{2}$
		Қорытынды зерттеу	$<1,0\cdot10^{2}$	$1,6\cdot10^{3}\pm 0,4\cdot10^{3}$	$4,1\cdot10^{3}\pm 0,8\cdot10^{3}$	$3,2\cdot10^{2}\pm 0,5\cdot10^{2}$	$3,8\cdot10^{4}\pm 0,8\cdot10^{4}$	$<1,0\cdot10^{2}$	$<1,0\cdot10^{2}$	$<1,0\cdot10^{2}$	$<1,0\cdot10^{2}$
	^{241}Am	Алдын ала зерттеу	$1,4\cdot10^{1}\pm 0,3\cdot10^{1}$	$3,0\cdot10^{3}\pm 0,6\cdot10^{3}$	$5,4\cdot10^{2}\pm 1,1\cdot10^{2}$	$2,8\cdot10^{5}\pm 0,6\cdot10^{5}$	$1,9\cdot10^{3}\pm 0,4\cdot10^{3}$	$9,6\cdot10^{7}\pm 1,9\cdot10^{7}$	<1,0	$3,3\cdot10^{3}\pm 0,6\cdot10^{3}$	$9,0\cdot10^{1}\pm 1,4\cdot10^{0}$
		Қорытынды зерттеу	$1,5\cdot10^{2}\pm 0,3\cdot10^{2}$	$1,1\cdot10^{2}\pm 0,2\cdot10^{2}$	$2,0\cdot10^{4}\pm 0,4\cdot10^{4}$	$1,1\cdot10^{3}\pm 0,2\cdot10^{3}$	$2,7\cdot10^{3}\pm 0,5\cdot10^{3}$	$4,1\cdot10^{4}\pm 0,8\cdot10^{4}$	$3,0\cdot10^{0}\pm 0,6\cdot10^{0}$	$1,5\cdot10^{1}\pm 0,3\cdot10^{1}$	$1,2\cdot10^{1}\pm 0,2\cdot10^{1}$

Параметр			К1	К2	К3	К4	Т1	Т2	Т3	Т4	Т5
Тиесілі белсенділіктің максималды мәні, Бк/кг	$^{239+240}Pu$	Алдын ала зерттеу	$3{,}8\cdot10^{1}\pm 0{,}8\cdot10^{1}$	$3{,}3\cdot10^{4}\pm 0{,}7\cdot10^{4}$	$5{,}4\cdot10^{3}\pm 1{,}1\cdot10^{3}$	$2{,}8\cdot10^{6}\pm 0{,}6\cdot10^{6}$	$2{,}0\cdot10^{4}\pm 0{,}4\cdot10^{4}$	$1{,}1\cdot10^{9}\pm 0{,}2\cdot10^{9}$	$1{,}0\cdot10^{1}\pm 0{,}2\cdot10^{1}$	$3{,}3\cdot10^{4}\pm 0{,}7\cdot10^{4}$	$9{,}0\cdot10^{2}\pm 0{,}2\cdot10^{1}$
		Қорытынды зерттеу	$2{,}8\cdot10^{3}\pm 0{,}6\cdot10^{3}$	$1{,}1\cdot10^{3}\pm 0{,}2\cdot10^{3}$	$2{,}0\cdot10^{5}\pm 0{,}4\cdot10^{5}$	$1{,}1\cdot10^{4}\pm 0{,}2\cdot10^{4}$	$4{,}4\cdot10^{4}\pm 0{,}9\cdot10^{4}$	$4{,}5\cdot10^{5}\pm 0{,}9\cdot10^{5}$	$2{,}8\cdot10^{1}\pm 0{,}6\cdot10^{1}$	$1{,}7\cdot10^{2}\pm 0{,}3\cdot10^{2}$	$1{,}0\cdot10^{1}\pm 0{,}2\cdot10^{1}$
Тиесілі белсенділіктің орташа мәні, Бк/кг	^{137}Cs	Алдын ала зерттеу	$2{,}2\cdot10^{2}\pm 0{,}4\cdot10^{2}$	$1{,}9\cdot10^{3}\pm 0{,}4\cdot10^{3}$	$4{,}9\cdot10^{2}\pm 1{,}0\cdot10^{2}$	$2{,}2\cdot10^{1}\pm 0{,}4\cdot10^{1}$	$1{,}6\cdot10^{3}\pm 0{,}2\cdot10^{3}$	$6{,}0\cdot10^{2}\pm 1{,}2\cdot10^{2}$	$1{,}3\cdot10^{1}\pm 0{,}3\cdot10^{1}$	$7{,}9\cdot10^{1}\pm 1{,}6\cdot10^{1}$	$2{,}5\cdot10^{1}\pm 0{,}5\cdot10^{1}$
		Қорытынды зерттеу	$3{,}9\cdot10^{1}\pm 0{,}8\cdot10^{1}$	$1{,}5\cdot10^{3}\pm 0{,}3\cdot10^{3}$	$4{,}4\cdot10^{2}\pm 0{,}9\cdot10^{2}$	$2{,}2\cdot10^{1}\pm 0{,}4\cdot10^{1}$	$3{,}2\cdot10^{3}\pm 0{,}6\cdot10^{3}$	$1{,}5\cdot10^{2}\pm 0{,}3\cdot10^{2}$	$2{,}9\cdot10^{1}\pm 0{,}6\cdot10^{1}$	$5{,}7\cdot10^{1}\pm 1{,}2\cdot10^{1}$	$2{,}3\cdot10^{1}\pm 0{,}5\cdot10^{1}$
	^{90}Sr	Алдын ала зерттеу	$9{,}2\cdot10^{2}\pm 1{,}8\cdot10^{2}$	$2{,}1\cdot10^{2}\pm 0{,}4\cdot10^{2}$	$6{,}3\cdot10^{2}\pm 1{,}3\cdot10^{2}$	$1{,}8\cdot10^{2}\pm 0{,}3\cdot10^{2}$	$3{,}7\cdot10^{3}\pm 0{,}7\cdot10^{3}$	$1{,}0\cdot10^{2}\pm 0{,}2\cdot10^{2}$	$1{,}0\cdot10^{2}\pm 0{,}2\cdot10^{2}$	$1{,}0\cdot10^{2}\pm 0{,}2\cdot10^{2}$	$1{,}0\cdot10^{2}\pm 0{,}2\cdot10^{2}$
		Қорытынды зерттеу	$1{,}0\cdot10^{2}\pm 0{,}2\cdot10^{2}$	$2{,}2\cdot10^{2}\pm 0{,}4\cdot10^{2}$	$2{,}6\cdot10^{2}\pm 0{,}5\cdot10^{2}$	$1{,}1\cdot10^{2}\pm 0{,}2\cdot10^{2}$	$6{,}6\cdot10^{3}\pm 1{,}3\cdot10^{3}$	$1{,}0\cdot10^{2}\pm 0{,}2\cdot10^{2}$	$1{,}0\cdot10^{2}\pm 0{,}2\cdot10^{2}$	$1{,}0\cdot10^{2}\pm 0{,}2\cdot10^{2}$	$1{,}0\cdot10^{2}\pm 0{,}2\cdot10^{2}$
	^{241}Am	Алдын ала зерттеу	$9{,}3\cdot10^{0}\pm 1{,}9\cdot10^{0}$	$1{,}5\cdot10^{2}\pm 0{,}3\cdot10^{2}$	$2{,}2\cdot10^{1}\pm 0{,}5\cdot10^{1}$	$1{,}2\cdot10^{4}\pm 0{,}2\cdot10^{4}$	$2{,}0\cdot10^{2}\pm 0{,}4\cdot10^{2}$	$2{,}7\cdot10^{6}\pm 0{,}5\cdot10^{6}$	$1{,}0\cdot10^{0}\pm 0{,}2\cdot10^{0}$	$4{,}5\cdot10^{2}\pm 0{,}9\cdot10^{2}$	$3{,}0\cdot10^{0}\pm 0{,}2\cdot10^{0}$
		Қорытынды зерттеу	$3{,}4\cdot10^{1}\pm 0{,}7\cdot10^{1}$	$2{,}5\cdot10^{1}\pm 0{,}5\cdot10^{1}$	$2{,}2\cdot10^{1}\pm 0{,}5\cdot10^{1}$	$1{,}4\cdot10^{2}\pm 0{,}3\cdot10^{2}$	$2{,}3\cdot10^{2}\pm 0{,}5\cdot10^{2}$	$3{,}8\cdot10^{3}\pm 0{,}8\cdot10^{3}$	$1{,}0\cdot10^{0}\pm 0{,}2\cdot10^{0}$	$1{,}0\cdot10^{0}\pm 0{,}2\cdot10^{0}$	$1{,}0\cdot10^{0}\pm 0{,}2\cdot10^{0}$
	$^{239+240}Pu$	Алдын ала зерттеу	$1{,}5\cdot10^{1}\pm 0{,}3\cdot10^{1}$	$1{,}6\cdot10^{3}\pm 0{,}3\cdot10^{3}$	$2{,}2\cdot10^{2}\pm 0{,}5\cdot10^{2}$	$1{,}2\cdot10^{5}\pm 0{,}2\cdot10^{5}$	$2{,}0\cdot10^{3}\pm 0{,}4\cdot10^{3}$	$3{,}0\cdot10^{7}\pm 0{,}6\cdot10^{7}$	$1{,}0\cdot10^{1}\pm 0{,}2\cdot10^{1}$	$4{,}4\cdot10^{3}\pm 0{,}9\cdot10^{3}$	$3{,}2\cdot10^{1}\pm 1{,}8\cdot10^{0}$
		Қорытынды зерттеу	$4{,}2\cdot10^{2}\pm 0{,}8\cdot10^{2}$	$2{,}5\cdot10^{2}\pm 0{,}5\cdot10^{2}$	$7{,}3\cdot10^{3}\pm 1{,}5\cdot10^{3}$	$1{,}4\cdot10^{3}\pm 0{,}3\cdot10^{3}$	$3{,}4\cdot10^{3}\pm 0{,}7\cdot10^{3}$	$4{,}2\cdot10^{4}\pm 0{,}9\cdot10^{4}$	$1{,}3\cdot10^{1}\pm 0{,}3\cdot10^{1}$	$8{,}7\cdot10^{0}\pm 1{,}7\cdot10^{0}$	$9{,}0\cdot10^{0}\pm 1{,}8\cdot10^{0}$
Орташа алаңдық ластану, Бк/м^2	^{137}Cs	Алдын ала зерттеу		$2{,}4\cdot10^{4}\pm 0{,}5\cdot10^{4}$				$2{,}3\cdot10^{3}\pm 0{,}5\cdot10^{3}$		$2{,}0\cdot10^{3}\pm 0{,}4\cdot10^{3}$	
		Қорытынды зерттеу		$2{,}0\cdot10^{4}\pm 0{,}4\cdot10^{4}$				$3{,}1\cdot10^{3}\pm 0{,}6\cdot10^{3}$		$1{,}4\cdot10^{3}\pm 0{,}3\cdot10^{3}$	
	^{241}Am	Алдын ала зерттеу		$7{,}8\cdot10^{2}\pm 1{,}6\cdot10^{2}$				$1{,}2\cdot10^{5}\pm 0{,}2\cdot10^{5}$		$8{,}5\cdot10^{3}\pm 1{,}7\cdot10^{3}$	
		Қорытынды зерттеу		$4{,}9\cdot10^{2}\pm 1{,}0\cdot10^{2}$				$5{,}0\cdot10^{4}\pm 1{,}0\cdot10^{4}$		$4{,}0\cdot10^{1}\pm 0{,}8\cdot10^{1}$	

ҚОРЫТЫНДЫ

Дегелең таулы массивіндегі штольнялардың порталалды телімдерінің алаңына жүргізілген радиоэкологиялық зерттеулердің деректерін талдамалау негізінде алынған нәтижелерден қосымша инженерлік қорғау құрылғыларын құру бойынша жұмыстар өткізілгенге дейін және одан кейін өткізілген жұмыстардың штольня орналасқан ауданда радиациялық жағдайға әсер етуін бағалау жұмыстары жасалды.

Зерттеліп жатқан порталалды телімдерде далалық және зертханалық зерттеулердің мәнінің өзгерісі бойынша штольняларды радиациялық жағдайының өзгерісінің сипаты бойынша төмендегідей бөлуге болады:

1. К2, К4, Т2, Т4, Т5 – жүргізілген жұмыстар радиациялық жағдайына еш әсер еткен жоқ немесе оқшаулы радиациялық-ластанған телімдерде жүргізілген алдын ала зерттеу жұмыстары барысында зарарсыздандыру жұмыстарын өткізу салдарынан ахуалдың жақсарғаны тіркелді;
2. К1, К3, Т3 – порталалды телімнің аталған радионуклидтер үшін ТБМБ деңгейінен төмен трансуранды радионуклидтермен болмашы ластануы, штольняда жұмыстар жүргізу барысында радионуклидтердің таралуы немесе шығуы салдарынан (К3 штольнясын есептемегенде, оның аумағында трансуранды радионуклидтердің құрамының ұлғаюы $5{,}4 \cdot 10^2$ -ден $2{,}0 \cdot 10^4$ Бк/кг-ға дейін болды және телімдегі белсенділіктің орташа мәнінің өзгерісін тудырған жоқ). Т3 штольнясының ластануы шартты түрде, себебі алынған мәндер аталған шамалардың анықтау дәлсіздігі шеңберінде жатыр;
3. Т1 - порталалды телімнің техногенді радионуклидтермен ластануы, өткізілген жұмыстардың салдары, оқшаулы сипатта және радионуклидтерінің құрамы жоғары нысандарға жақын жатуымен шартталған.

Жалпы алғанда, жұмыстарды ұйымдастыру бойынша қабылданған жүйе көп жағдайда штольнялардың порталалды телімдеріндегі радиоэкологиялық ахуалдың жақсаруын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Жеке бір жағдайларда аумақтың ластануы техногенді радионуклидтердің жоғары құрамы орын алған нысандардың жұмыстар жүргізілген аумақта орналасуымен байланысты. Мысалы, Т1 штольнясының аумағында максималды радиометриялық параметрлер орын алған бірнеше телімдер анықталды, олар штольняның порталы жанындағы кеуіп қалған жылғаның аумағында орналасқан. Аталған ластанған телімдердің аумағы зерттеліп жатқан аумақтың 12 % құрайды, сонымен қатар телімдердің автокөліктердің қозғалысының жолында орналасуы радионуклидтердің аумақ бойындағы топырақтың лайының ірі түйірлерінде таралуына себеп болды.

Бұндай жұмыстарды өткізу барысында алдағы уақытта осыған ұқсас радиоэкологиялық жағдайды технологиялық бақылауын өзгерту жүйесін ұстанады. Алайда, бұндай жұмыстарды жоспарлау барысында радиоэкологиялық жағдайды бақылауды өзгерту жүйесін ұйымдастыруға жекеше түрде келу керек, радиациялық жағдайды нашарлату мүмкіндігі жоғары болуына байланысты (жұмыстарды көлденең әдіспен жүргізу барысында, радиациялық-қауіпті нысандардың жақын жерден табылуы).

ӘДЕБИЕТТЕР

1. КСРО ядролық сынақтар/ авт. ұжымы В.Н. Михайлова жетекш. – М.: Басылым, 1997. - 304 б.
2. Семей полигоны. Құрылуы, қызметі, жабылуы: монография /ред-ған. проф. В.С.Школьник. – Алматы, 2003. -344 б.
3. *Мульгин С.И.* КГНКМ тұзды күмбездерде жарылыс жүргізу барысында жасанды нуклидтер-өнімдердің жинақталған мөлшерін теориялық есептеу және тректі әдістеме көмегімен бөлінбейтін материалдарда бөлінетін актиноидтардың микрошоғырлануларын анықтау/ *С.И. Мульгин* –Алматы, 1999. – 50 б.
4. Радиациялық қауіпсіздік нормалары (РҚН-99). СП 2.6.1. 758-99. Ресми басылым. – Алматы, 2000. -80 б.
5. Радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету бойынша санитарлық-гигиеналық талаптар: СанЕж/еН №5.01.030.03.
6. *Берлянд М.Е.* Атмосфералық диффузияның және атмосфераның ластануының заманауи мәселелері/М.Е. Берлянд. - Л.: Гидрометеобасылым, 1975.
7. *Монин А.С.* Атмосфералық диффузияның және атмосфераның ластануы/ А.С. Монин. - М., 1962.
8. Радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету бойынша санитарлық-гигиеналық талаптар: СанЕж/еН СанЕж/еН №5.01.030.03.

ВЛИЯНИЕ ПРОВЕДЕННЫХ РАБОТ ПО СОЗДАНИЮ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ ШТОЛЕН ГОРНОГО МАССИВА ДЕГЕЛЕН НА РАДИАЦИОННУЮ ОБСТАНОВКУ ПРИПОРТАЛЬНЫХ УЧАСТКОВ

Т. В. Коровикова, В. Н. Дмитропавленко, Е. В. Мустафина, А. Ю. Осинцев, Ю. Ю. Яковенко

В рамках работ по ликвидации инфраструктуры ядерных испытаний в целях уменьшения угрозы распространения ядерного оружия было проведено повторное консервирование 9 штолен горного массива Дегелен Семипалатинского испытательного полигона. Целью данных радиоэкологических исследований являлась оценка состояния объектов окружающей среды, а также возможного негативного влияния проведенных работ на припортальных участках данных штолен. Представлены результаты изменения радиоэкологической обстановки на припортальных участках каждой контролируемой штольни.

Ключевые слова: Семипалатинский испытательный полигон, горный массив Дегелен, штольни, дополнительная защита инженерных сооружений, радиоэкологическое обследование, радиационная обстановка, мощность эквивалентной дозы, плотность потока α-, β-частиц, радионуклид, удельная активность, площадное загрязнение.

EFFECT OF RESEALING OPERATIONS ON RADIOLOGICAL CONDITIONS OF THE DEGELEN TUNNEL NEAR-PORTAL AREAS

T.V. Korovikova, V.N. Dmitropavlenko, E.V. Mustafina, A.Yu. Ossintsev, Yu.Yu. Yakovenko

Resealing of nine tunnels located in the Degelen massif of the Semipalatinsk test site (STS) was undertaken in order to reduce the threat of nuclear proliferation. Radio-ecological surveys have been carried out to evaluate radiological conditions of the environment after the resealing operations and understand potential negative impacts of such operations on the tunnel mouth areas. The paper presents data describing changes in radiological conditions of the monitored tunnel mouth areas.

Keywords: Semipalatinsk test site, Degelen Massif, tunnels, supplementary protection of engineering facilities, radiological survey, radiological conditions, EDR, flux density of α- and β-particles, radionuclides, specific activity, areal contamination.

УДК 577.4:504.53:543.53:539.16

ССП НЕГІЗГІ СЫНАҚ АЛАҢДАРЫНЫҢ ТОПЫРАҒЫНДАҒЫ ^{241}Pu ЖӘНЕ ^{241}Am БЕЛСЕНДІЛІКТЕРІНІҢ АРАҚАТЫНАСЫН ЗЕРТТЕУ

В. В.Каширский, С. Н.Лукашенко, О. Ю.Коровина, А. Н.Шатров

ҚР ҰЯО Радиациялық қауіпсіздік және экология институты, Курчатов, Қазақстан

Семей сынақ полигонының негізгі сынақ алаңдары топырағындағы ^{241}Pu анықтау әдістемесі әзірленді. ССП негізгі сынақ алаңдарының топырағынан алынған сынамалардан ^{241}Am және ^{241}Pu белсенділігін анықтаудың нәтижелері ұсынылды. ^{241}Am және ^{241}Pu белсенділігінің арақатынасы есептелді.

Көптеген жағдайларда оқшауланған алаңдарда ^{241}Pu/^{241}Am арақатынасы өте жақын аралықта жатыр, бұл өз кезегінде ^{241}Am гамма-спектрометриялық талдамасының нәтижелері бойынша ^{241}Pu белсенділігіне бағалау жасауға мүмкіндік береді. Бұндай әдіспен ^{241}Pu белсенділігін бағалау дәлдігі шамамен 50 %-ды құрайды, бұл көп жағдайда жеткілікті болып табылады.

Түйінді сөздер: ядролық сынақтар, мониторинг, радиоэкология, радиоактивті ластану, радионуклидтер, полигон.

КІРІСПЕ

Семей сынақ полигонындағы радиоэкологиялық жағдай толық зерттелген және, байқауымызша, уақыт өте келе доза құрушы радионуклидтердің ыдырауы есебінен тек жақсаруы тиіс. Алайда, доза құрушы радионуклидтердің бірі – ^{241}Am белсенділігі ұлғаяды. ^{241}Am - ^{241}Pu ыдырауының өнімі, оның құрамы Pu қару-жарағындағы ^{239}Pu белсенділігінен бір есеге көп, оны қоршаған орта нысандарында салыстырмалы қарапайымдылығы себебі бойынша және альфа-спектрометриялық әдістің танымалдығымен анықтауға «үйренген». ^{241}Pu салыстырмалы аздаған жартылай ыдырау кезеңіне (14 жыл) ие бола отырып, ^{241}Am ($T_{1/2}$ = 432 жыл) тез ыдырайды. Шамамен 60 жылдан кейін ССП ^{241}Am белсенділігі өзінің максималды мәніне жетеді, бұл белсенділік жартылай ыдырау кезеңін есепке ала отырып, жақын арада өзгермейді. Осы уақыт кезеңінде ^{90}Sr және ^{137}Cs сияқты элементтердің белсенділігі төрт есеге азаяды. Сонымен, ^{241}Am ССП радиологиялық жағдайына қосатын үлесі уақыт өте келе тек өсетін болады. Радиологиялық жағдайдың өзгеруін сапалы түрде болжау үшін уақыт өте келе ^{241}Pu ССП аумағындағы осы уақыттағы таралуын білу керек.

^{241}Pu анықтау – жеткілікті қиын міндет. Полигонның жұмыс істеп тұрған барлық уақытында оннан аса анықтаулар болды. Әлемнің жетекші радиохимиялық зертханаларының барлығы дерлік ^{241}Pu анықтау мүмкіндігіне ие деп айтуға келмейді. ^{241}Pu полигонның аумағында таралуын жан-жақты зерттеу үшін, оның көлемін есепке ала отырып, көптеген он мыңдаған сынамалар талдау қажет. Талдаудың өзіндік бағасын есептей отырып, мұндай зерттеулер жөнсіз қымбат болып шығады.

^{241}Pu ыдырауының өнімі болып табылатын ^{241}Am шоғырлануы бойынша оның есебі ^{241}Pu шоғырлануын бағалаудың арзанырақ нұсқасы болып табылады. Алайда егер

^{241}Pu/^{241}Am шоғырлануының арақатынасы белгілі болса және ССП оқшау телімдерінің шектерінде тұрақты болса, бұның жүзеге асуы мүмкін.

Сонымен, аталған жұмыстың аясында екі мәселе шешілді:

- ^{241}Pu анықтаудың әдістемесін әзірлеу;
- негізгі сынақ алаңдары үшін ССП топырағындағы ^{241}Pu/^{241}Am шоғырлануының арақатынасын анықтау.

1. ӘДЕБИ ШОЛУ

Бета – сәулелендіруші ретіндегі ^{241}Pu ерекше айырмашылығы – сәулеленудің өте төмен энергиясы ($E_{мах}$ = 20,8 кэВ), бұл өз кезегінде оның белсенділігін өлшеу үшін нақты бір шектеулер қояды.

Жұмсақ бета – сәулелендірушіні тіркеу үшін тепе-тең есептегіштер, иондаушы камералар сияқты жұмыс ортасы ретінде газды қолданатын барлық иондаушы аспаптарды пайдалану керек. Мұндай аспаптардың, тек егер өлшенетін заттек жұмыс газының құрамына енгізілсе, тіркеудің 100 % тиімділігі және максималды сезімталдығы бар. Бұл есептеу үлгілер дайындалуының арнайы әдісін талап етеді және әр өлшеуден кейін камераның қабырғаларын тазалау қажеттілігі туралы мәселе туындайды [1].

Тіркеудің сұйық-сцинтилляционды әдістері, сондай-ақ, өлшенетін заттектің коктейльде еруіне негізделген. ^{241}Pu және ^{3}H тән төмен энергиялар облысында сцинтилляциямен сөндіру салдарынан тіркеу тиімділігінің азаюы байқалады. Аталған эффектілер қисық сөндіру құрылуымен түзетіледі. Жұмсақ бета – сәулелендірушіні тіркеуге арналған жартылай өткізгіш детекторлар әлі де қолданысын тапқан жоқ.

Жұмыс [2] ^{241}Pu қоршаған орта сынамаларында СС анықтауы суреттеледі. Анықтау әдісі химиялық шығуды анықтау үшін плутоний изотоптарының церийдің фторидімен ары қарайғы альфа – спектрометриямен қоса тұндырылуына негізделген. Альфа – спектрометриядан соң сүзгіш ацетонда ериді және СС-коктейльге салынатын құрыш дискіге ауыстырылады. ^{241}Pu өлшеу СС – спектрометрде жүзеге асады. Тіркеу терезесі 0.5 кэВ-тан бастап 7.0 кэВ дейін таңдап алынған. Таңдап алынған терезедегі тіркеу тиімділігі ^{241}Pu белгілі белсенділігін белгілеу көмегімен анықталды.

$^{239+240}$Pu және ^{241}Pu изотоптарының белсенділігін анықтау изотоптар зертханасында да, электронды микроскопияда да жүргізіледі (Норвегия, Аграрлық университет) [3]. Анықтау әдістемесі плутонийдің темірдің гидроксидімен және кальций оксалатымен ары қарайғы анион-ауыспалы хроматографиямен қоса тұндырылуына негізделген. Химиялық шығуды анықтау үшін радиохимиялық дайындық алдында сынамаға Pu трассері енгізіледі. Соңғы органикалық ерітінді СС–спектрометрде өлшенеді. Көлемі 100 л теңіз суы сынамасы үшін химиялық шығу 25–50 % аралығында жатыр, 40 гр. күлденген топырақ үшін - 30–60 %. $^{239+240}$Pu үшін тіркеудің тиімділігі 100 % дей құрады, ^{241}Pu үшін - 48,8 %. ^{241}Pu бойынша табу шегі – 2,2 мБк.

Көз [4] ^{241}Pu анықтау әдісінің өзіне суреттеу бермейді, алайда СС–спектрометрдің тіркеу тиімділігі бойынша калибровка кезінде бета – сәулелендіруші ретінде тритий қолданылғанын хабарлайды. Плутонийдің заттектер сынамасындағы абсолютті альфа–белсенділігін анықтау бойынша жұмыста [5] ^{241}Pu кедергі жасайтын радионуклид ретінде қарастырылатынын және оның тіркеу аймағы сол сияқты тритий бойынша жүзеге асатынын атап өту керек.

Чернобыль АЭС энергоблогы жарылған кезде пайда болған ыстық бөлшектердің радионуклидті құрамын анықтау үшін 2,04 × 10^{-3} % квантты шығуы бар ^{241}Pu альфа-сызығы қолданылды [6]. Аталған әдістің ең жақсы табу шегі емес екендігін үлкен сенімділікпен айтуға болады.

Түйіндеме ретінде ^{241}Pu заттектер сынамасында анықтаудың бес әдістемесі қысқаша суреттеп, сыналатын жұмысты [7] ұсынуға болды. Оның ішіндегі екеуін атап өтуге болады. Бірінші әдістемеде ^{241}Pu анықтау ^{241}Am белсенділігін арттыруға негізделген. Есеп үлгісі 2 жыл ішінде сақталады. Екіншісінде – сынаманың қышқылдық сілтіленуінен соң ерітінді 1:3 қатынасында екі бөлікке бөлінеді. Аз бөлігі альфа – спектрометриялық талдама үшін сынама дайындаудың стандартты процедурасынан өтеді, үлкені СС–спектрометрия үшін (плутонийдің темірдің гидроксидімен және кальций оксалатымен қоса тұндырылуы, сұйықтық экстракция).

Сонымен, радиохимияның ерекшеліктерін қоя тұрып, қоршаған орта сынамаларында ^{241}Pu анықтаудың аса тиімді екі әдісі бар екендігін қорытындылауға болады:

- ^{238}Pu тіркеу облысындағы ^{241}Am белсенділігін арттыру бойынша ^{241}Pu белсенділігін анықтау;
- ^{241}Pu белсенділігін СС-бета-спектрометриялық анықтау.

2. ^{241}Pu АНЫҚТАУ ӘДІСТЕМЕСІН ӘЗІРЛЕУ

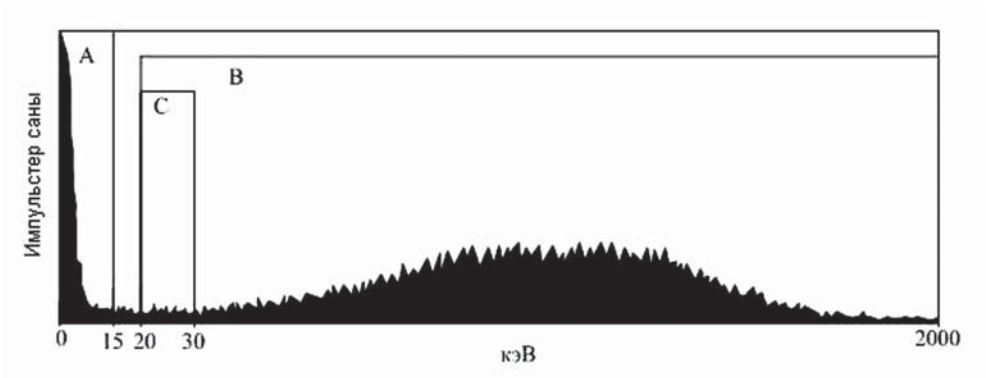
2.1. ^{241}Pu анықтаудың ұсынылған әдістемесінің жалпы сұлбасы

СС-талдау әдісін табысты қолдану үшін Pu изотоптарын сынамада бар басқа бета-сәулелендіруші радионуклидтерден тазарту қажет. Плутоний изотоптарының радиохимиялық бөліну әдістемесі жақсы танымал. Бірақ оларды қолданған кезде, Pu көп валенттілігін ескере отырып, трассерді пайдаланбай плутонийді сандық анықтау мүмкіндік бермейтін шығыннан құтылу мүмкін емес. Сондай-ақ СС-әдістемесін қолданған кезде үлгіні «сөндіруге» енгізілген түзетуді ескеру керек, ал бұл ^{241}Pu стандартты ерітіндісін пайдалану арқылы ғана мүмкін нәрсе.

Ұсынылып отырған әдістеме плутонийдің альфа-ыдыраушы изотоптары - $^{239+240}$Pu және ^{238}Pu танымал белсенділігі бар сынаманың СС-талдамасын жүргізуге негізделген. Трассер ретінде плутонийдің сынамада бар изотоптарын пайдалану болжанады. Бұл үшін мұқият дайындалған сол бір сынамадан екі ілме алынады. Бірінші ілме СС-талдама арқылы ^{241}Pu анықтау әдісімен иондық-ауыспалы хроматография әдісі арқылы плутоний изотоптарының стандартты радиохимиялық бөліну процедурасынан өтеді. Бұл кезде плутоний изотоптары соңынан тұзды қышқыл гидроксиламинмен қоса сіңірілуі үшін DOWEX анионитінде сіңіріледі. Ары қарай алынған ерітінді буланады және аздаған мөлшердегі тұзды қышқылда ериді және UltimaGold сцинтиллятормен араласады. $^{239+240}$Pu және ^{238}Pu белсенділігі екінші ілмектен стандартты альфа-спектрометриялық әдіспен анықталады. Алынған СС-спектрлермен ^{241}Pu облысындағы есептеудің жылдамдығы және үлгінің жалпы альфа-белсенділігі - $^{239+240+238}$Pu белсенділігі анықталады (СС-әдісте альфа-бөлшектердің тіркелу тиімділігінің 100% бар). СС-спектрометрде алынған альфа-сәулелендіруші белсенділіктердің $^{239+240}$Pu және ^{238}Pu белгілі белсенділіктеріне қатынасы химиялық шығу ретінде беріледі. ^{241}Pu анықтау кезіндегі «сөндіру» әсерін есептеу үшін тритийге арналған сөндірудің қисық сызығы пайдаланылады.

2.2. Тіркеу облыстарын таңдау

1-суретте құрамында Pu изотоптары бар сұйық-сцинтилляционды ерітіндінің типтес амплитудалық спектрі берілген. 0-ден шамамен 15 кэВ дейінгі жұмсақ облыста ^{241}Pu бета-бөлшектерінің спектрі көрінеді, 30 кэВ аса облыста жиынтық альфа-есептеудің қатты күңгірт сызығы байқалады. Бета-спектрдің максималды энергиясы және жиынтық альфа-есептеу шегі орталығының орналасуы спектрометриялық үлгінің сөндірілуіне байланысты. Үлгінің сөндірілуі қаншалықты жоғары болса, бета-спектрдің максималды энергиясы соншалықты күшті және жиынтық альфа-есептеу шегі орталығының орналасуы спектрдің төмен энергетикалық бөлігіне қарай жылжиды. Жиынтық альфа-есептеу шегі үшін бұл эффект есептеу жылдамдығының шығынынсыз өтетін болады.



1-Сурет. Құрамында плутоний изотоптары бар сұйық-сцинтилляционды ерітіндінің амплитудалық спектрі

СС-спектрометрде ^{241}Pu тіркеу облысы 0-ден 15 кэВ дейін таңдап алынды, өйткені бұл - ^{3}H сөндірілмеген үлгісін өлшеу кезіндегі есептеу жылдамдығының өсуі 100% құрайтын минималды облыс.

20-дан 30 кэВ дейінгі үлгінің тазалығын бақылау облысы жалпы альфа-есептеу шегі бұл облысқа тіпті үлгінің күшті сөндірілуі кезінде үлес қоспайтынына, ^{241}Pu осы облысқа үлесі болса тіпті сөндірілмеген үлгіні өлшеу кезінде де жоқтығына байланысты таңдап алынды.

Жалпы альфа-есептеуді тіркеу облысы 20-дан 2000 кэВ дейін таңдап алынды. Жалпы альфа-есептеу шегі тіпті үлгінің күшті сөндірілген кезінде де осы облысқа толық түсуі таңдау кезінде себеп болды.

Сонымен, бізді қызықтыратын облыстардағы есептеулердің жылдамдығын тіркеу үшін спектрде үш облысты бөліп қарастырады: А облысы – ^{241}Pu (0 ÷ 15 кэВ) тіркеу облысы, В жалпы альфа-есептеудің тіркеу облысы (20,0 – 2000,0 кэВ) және С үлгісінің тазалығын бақылау облысы (20,0 – 30,0 кэВ).

Таңдап алынған тіркеу облыстарына пайдалы дабыл ғана емес, сондай-ақ аяның жалғандығы да кіреді. А, В және С облыстарындағы аяларды анықтау үшін көрсетілген облыстарда аялық үлгі – UltimaGold сцинтилляторды өлшеу жүргізіледі.

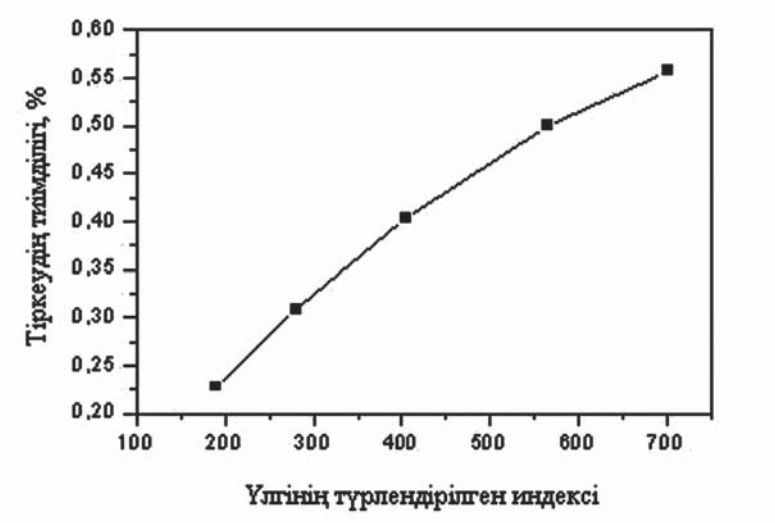
2.3. ^{241}Pu тіркеу тиімділігін анықтау

СС-өлшеу кезінде, үлгі сцинтиллятормен араласқан себепті үлгінің химиялық және физикалық сипаттамалары жарық шығуының өзгеруіне әкеле отырып, сцинтилляция процесіне әсер етуі мүмкін. Мұндай құбылыс сөндіру деп аталады. Оның негізгі формалары – жарықтың бөлінуі үлгінің химиялық құрамының әсеріне және сцинтилляция жасаушы атомдардан ФЭУ қарай жарық беру сцинтилляционды коктейльдегі сіңіргіштікке тік тепе-тең өзгеретін кездегі жарықтық сөндіру химиялық сөндірудің әсеріне ұшырайды. Соңғысы сондай-ақ үлгінің көлеміне де байланысты, бұл кезде химиялық сөндіру көлемге байланысты емес. Бұған қосымша, оптикалық сөндіру лас (тұнық емес) сцинтилляционды флаконды пайдалану кезінде жүзеге асады. Сонымен, спектрометриялық үлгіні сөндіру екі әсерде – тіркеу тиімділігінің нашарлауы және спектрдің төмен энергетикалық жағына қарай қысылуында байқалады. Тіркеу тиімділігінің сөндіру коэффициентіне бағыныштылығын сөндірудің қисық сызығы деп атау қабылданған.

2.3.1. Сөндірудің қисық сызығын құру

Заттек сынамасындағы ^{241}Pu белсенділігін есептеу кезінде сөндіру эффектісін есепке алу қажет. Бета-бөлшектердің жақын энергиясына байланысты (^{241}Pu – 20,8 кэВ, ^{3}H – 18,6 кэВ) олардың СС-әдіспен тіркеу тиімділігінің айырмашылығы азғантай ғана. Сондықтан өлшеу сапасын бақылау және ^{241}Pu анықтау кезіндегі «сөндіру» әсерін есептеу үшін тритийге арналған алдын ала түсірілген сөндірудің қисық сызығын пайдалануға болады. Спектрометрдің калибровкасы кезінде тіркеу тиімділігі бойынша құрамында тритийдің белгілі құрамы және түрлі сөндіруі бар, Hewlett-Packard фирмасында жасалған тритийге арналған сөндірудің стандартты ерітіндісі пайдаланылды. Үлгілерді өлшеу кезінде үлгінің сөндірілу көлемін анықтау үшін тіркеудің таңдап алынған терезесіндегі есептеу жылдамдығы және үлгінің түрлендірілген спектралды индексі тіркелді. Үлгінің құрамындағы тритийдің белсенділігін біле отырып, түрлі сөндіруі бар үлгілер үшін тіркеу тиімділігі есептелді. Үлгінің түрлендірілген спектралды индексі сынаманың сұйық-сцинтилляционды спектрометрге қосымша берілетін ^{133}Ba көзінен жұмсақ рентген сәулеленуі автоматты түрде есептеледі. Тіркеу тиімділігінің түрлендірілген спектралды индекске тәуелділігі - сөндірдің қисық сызығы тиімділік бойынша калибровканың соңғы нәтижесі болып табылады – 2-сурет.

Тіркеу тиімділігінің үлгіні сөндірудің көлемінен тәуелділігінің алынған қисық сызығы екінші дәрежелі полиноммен жақсы жуықталады және біздің жағдайда келесідей түрі бар: $\varepsilon = -0.05 + 0.00131 \times t - 6{,}75 \times 10^{-7} \times t^2$. Функция ретінде тіркеу тиімділігі, аргумент ретінде сыртқы стандарттың түрлендірілген спектралды индексі (tSIE) қолданылады.



2-Сурет. ^{3}H үшін үлгінің сөндірудің қисық сызығы

2.4. Кедергі келтіретін факторлардың әсерін бағалау

2.4.1. Үлгінің тазалығын бақылау

Зерттеліп жатқан үлгі құрамындағы радионуклидтердің сәйкестендірілуі және бөлінуі СС-спектрометриядағы жеткілікті күрделі міндет болып табылады. Аса таралған әдіс былайша суреттеледі: үлгінің СС-спектрін өлшейді, бұдан соң сөндірудің тиісті деңгейі үшін жеке радионуклидтердің базалық спектрлер кітапханасынан интерполяция және экстраполяция әдісімен жеке радионуклидтердің нормаланған үлгілі спектрлері анықталады. Ары қарай аса аз квадраттар әдісімен үлгі спектрі мен жеке радионуклидтер белсенділігін анықтайтын коэффициенттерге көбейтілген жеке радионуклидтердің нормаланған үлгілі спектрлерінің сомасы арасындағы айырмашылықты минимизация жасайды. Алайда аталған әдістерді пайдаланатын спектрометрлер аз белсенділігі бар сынамада үлкен белсенділігі бар радионуклидтердің болуы кезінде сәйкестендіруге мүмкіндік бермейді.

Аталған жағдайда ^{241}Pu өлшеу сапасына сынамада бар барлық табиғи және жасанды бета-сәулелендіруші радионуклидтер әсер ете алады. Сынамада аса көп бола алатын бета-сәулелендіруші радионуклидтердің тізімі, олардың бета-бөлшектерінің максималды энергиясы 1-Кестеде берілген.

Плутоний изотоптары бөлінуінің радиохимиялық ^{228}Ra, ^{40}K, ^{151}Sm, ^{3}H, ^{137}Cs, ^{90}Sr, ^{60}Co, ^{207}Tl сияқты радионуклидтерден, қорғасын мен висмуттан жеткілікті жақсы тазалануын қамтамасыз етеді, бірақ ^{227}Ac, ^{99}Tc сияқты радионуклидтерден, уран мен торий изотоптарынан тазаланудың тұрақты жоғары коэффициентіне кепілдеме бере алмайды. СС-спектрометриядағы сәйкестендіру процедурасы және спектрлердің радионуклидтерден бөлінуі жеткілікті күрделі болғандықтан, спектрометриялық үлгілер тазалығына үнемі бақылау жүргізу қажет.

1-Кесте

Сынамада аса көп бола алатын бета-сәулелендіруші радионуклидтер, олардың бета-бөлшектерінің максималды энергиясы

Нуклид	Max Eβ , МэВ	Нуклид	Max Eβ , МэВ
^{3}H	0.0186	^{214}Bi	3.272
^{241}Pu	0.0208	^{210}Pb	0.063
^{99}Tc	0.293	^{210}Bi	1.170
^{90}Sr	0.535	^{231}Th	0.305
^{137}Cs	1.170	^{227}Ac	0.046
^{151}Sm	0.076	^{211}Pb	1.372
^{60}Co	0.318	^{207}Tl	1.423
^{152}Eu	1.474	^{228}Ra	0.039
^{154}Eu	1.843	^{228}Ac	2.069
^{234}Th	0.199	^{212}Pb	0.573
^{234m}Pa	1.205	^{212}Bi	2.254
^{214}Pb	1.024	^{40}K	1.311

Үлгілерде болжамды бар басқа радионуклидтердің бета-бөлшектерінің максималды энергиясы минимум ретінде ^{241}Pu (^{232}Th қатарындағы ^{228}Ra максималды энергиясы 39 кэВ, 1-кесте) бета-бөлшектерінің максималды энергиясынан екі есе көп болса, онда олардың спектрометриялық үлгілерде болуы ^{241}Pu тіркелу облысынан тыс орналасқан облыста есептеу жылдамдығының жоғарылауына әкелуі керек. Сондықтан бета-сәулелендіруші радионуклидтер бойынша үлгілердің тазалығын бақылауды есептеудің 20-дан 30 кэВ дейінгі облыстағы жылдамдығын тіркеу әдісі және оны таза сцинтиллятордың өлшеуі кезіндегі осы облыстағы есептеулер жылдамдығымен салыстыру арқылы жүргізу ұсынылады. Осы облыстағы есептеу жылдамдығы аяның флуктациясы деңгейінен 10% аса жоғарылаған кезде сынама «лас» ретінде бағалануы керек және қайта жасау үшін берілуі керек.

Егер үлгінің құрамында ^{227}Ac сияқты жұмсақ бета-ыдыратушы болса, жоғарыда ұсынылған бақылау әдісі «лас» үлгінің 100% жарамсыздық мүмкіндігі бар, өйткені спектрометриялық үлгінің жеткілікті күшті сөндірілуі кезінде спектр жұмсақ-энергетикалық жағына қарай қысылады және аталған радионуклидтің 20-30 кэВ облысына қосымша есептеу жылдамдығын енгізбейді деген болжам бар. Сондықтан гамма-спектрометриялық талдама жүргізу кезінде (плутоний изотоптарының радиохимиялық бөлінуін жүргізу алдында) зерттеліп жатқан сынамадағы ^{235}U құрамына назар аудару қажет. Орташа алғанда, топырақ үшін ^{235}U құрамы шамамен 2 Бк/кг, оның еншілес ^{227}Ac құрамы да сондай. 10 г ілмемен жұмыс кезінде ^{227}Ac болжамды нашар радиохимиялық тазалау кезінде, спектрометриялық үлгідегі оның максималды белсенділігі 0,02 Бк құрайтын болады. Мұндай белсенділік тіпті ұсынылған әдістеменің табу шегіне жақын шоғырылануларының талдамасы кезінде ^{241}Pu анықтау нәтижесінің 20 % көп емес жоғарылауына әкеледі.

2.4.2. Есептеудің аялық жылдамдығына арналған үлгінің радиохимиялық тазалауын жүргізу кезінде пайдаланылған реактивтердің әсерін анықтау

Pu изотоптарын бағандық экстракциондық хроматография әдісімен бөлу кезінде экстрагенттің (DOWEX), сондай-ақ тұзды-қышқылды гидроксиламиннің шайылуы және олардың спектрометриялық үлгіге түсуі мүмкін, бұл есептеудің жылдамдықтарының өзгеруіне әкелуі ықтимал. Олардың есептеудің аялық жылдамдығына әсерін анықтау үшін келесі тәжірибе жүргізілді. Келесідей құрамда 3 есептеу үлгісі дайындалды:

- 20 мл UltimaGold сцинтилляторы ;
- 1 мл 0,5 М тұзды-қышқылды гидроксиламин + 19 мл UltimaGold сцинтилляторы;
- 0,5 г DOWEX + 20 мл UltimaGold сцинтилляторы.

Өлшеулер TRI-CARB 2900 CC-спектрометрде 2 сағат ішінде жүргізілді. Есептеу жылдамдығы 0–15, 20–30, 20–2000 кэВ облыстарында тіркелді. Өлшеулер 24 сағаттан соң қайталанды. Жүргізілген өлшеулердің нәтижелері 2-кестеде ұсынылған. Нәтижелер бойынша көретініміз, пайдаланылған реактивтердің есептеудің аялық жылдамдығына қосқан үлесі мардымсыз және 2σ критерийі бойынша аяның есептеу жылдамдығын анықтаудың статистикалық олқылықтарынан аспайды. Пайдаланылған реактивтердің есептеудің аялық жылдамдығына қосқан үлесі уақыт ағымында өзгермейді.

2-Кесте

Құрамында түрлі реактивтері бар есептеу үлгілерін өлшеудің нәтижелері

Өлшеу сериясы	Терезелер шекарасы, кэВ	Үлгі №					$2\sigma_A$, имп/мин
		1	2		3		
		S_A, имп/мин	S_Y, имп/мин	$\lvert S_Y - S_A \rvert$, имп/мин	S_Y, имп/мин	$\lvert S_Y - S_A \rvert$, имп/мин	
1	0 - 15	14,8	15,1	0,3	14,9	0,1	0,7
	20 - 30	3,6	3,8	0,2	3,7	0,1	0,3
	20 - 2000	37,2	36,8	0,4	37,1	0,1	1,1
2	0 - 15	15,1	14,8	0,3	14,9	0,2	0,7
	20 - 30	3,7	3,7	0	3,8	0,1	0,4
	20 - 2000	37,5	37,4	0,1	37,9	0,4	1,1

Сонымен, үлгіге радиохимиялық тазалау жүргізу кезінде пайдаланылатын және есептік үлгіге болжамды түсетін реактивтер есептеудің аялық жылдамдығына әсер етпейді деген қорытынды жасауға болады.

2.4.3. Ыдыстың тазалығын және пайдаланылған реактивтерді тексеру

Тексеру үшін құрамында тек радиохимиялық бөліну бойынша қолданылатын әдістеме бар, ұсынылған әдістеме бойынша барлық процедурадан өткен бес спектрометриялық үлгілер дайындалды. Оларды өлшеу TRI-CARB 2900 CC-спектрометрде 2 сағат ішінде жүргізілді. Есептеу жылдамдығы 0–15, 20–30, 20–2000 кэВ облыстарында тіркелді. Жүргізілген өлшеу нәтижелері 3-кестеде берілген.

3-Кесте

Бос үлгілерді өлшеудің нәтижелері

Диапазон, кэВ	Есептеу жылдамдығы S, имп/мин					Есептеудің орташа жылдамдығы $S_{Орт.}$, имп/мин	ҮОЖ, имп/мин	Салыстырмалы ҮОЖ
	Үлгінің нөмірі							
	1	2	3	4	5			
0 - 15	14,7	14,5	15,1	14,9	15,2	14,9	0,3	0,02
20 - 30	3,6	3,7	3,9	3,8	3,5	3,7	0,2	0,04
20 - 2000	37,5	37,4	36,9	38,1	38,5	37,7	0,62	0,02

2.5. Қосу әдістемесі арқылы жалпы алфа-белсенділікті анықтаудың дұрыстығын тексеру

Жалпы альфа-есептеуді анықтаудың дұрыстығын тексеру үшін қосымшалар әдістемесі таңдап алынды. Ары қарай бұрын суреттелген әдістеме бойынша топырақтың 5 үлгісі дайындалды, жалпы альфа-есептеудің алғашқы өлшеуі жүргізілді, ^{242}Pu 2,16 Бк-ден қосымша қосылды және оларды қайта өлшеу жүргізілді. Жалпы альфа-есептеуді анықтаудың дұрыстығын тексеру нәтижелері 4-кестеде берілген.

4-Кесте

Жалпы алфа-белсенділікті анықтаудың дұрыстығын тексерудің нәтижелері

№ р/р	Жалпы алфа-белсенділік, Бк 1-өлшеу	Қосымша, Бк	Сомасы, Бк	Жалпы алфа-белсенділік, Бк 2-өлшеу	Айырмашылық, %
1	4,03	2,16	6,19	6,30	-1,77
2	5,07	2,16	7,23	7,03	2,77
3	2,91	2,16	5,07	5,16	-1,87
4	2,22	2,16	4,38	4,36	0,36
5	4,90	2,16	7,06	7,15	-1,37

4-кестеде берілген деректер бойынша жалпы алфа-белсенділікті анықтау түзу жүргізіледі деген қорытынды жасауға болады.

3. ^{241}Pu АНЫҚТАУ ӘДІСТЕМЕСІН СУРЕТТЕУ

Талдаманың ұсынылған сұлбасы сынаманың мұқият гомогенизациясын болжайды және бір үлгіге $^{239+240}$Pu және ^{238}Pu сомасы құрамы 0,2 Бк аз емес сынамалар үшін ғана қолданылады.

3.1. Сынамаларды алдын ала дайындау

Салмағы 1 кг артық емес іріктеп алынған сынамалар ауадай-құрғақ салмаққа дейін кептіріледі, олардан < 2 мм фракциясы бөлінеді, бөлінген фракциядан кварттау әдісімен массасы шамамен 200 г ілме іріктеп алынады. Іріктеп алынған ілме диірменде үгітіледі. Үгітілген соң үлгінің гомогендігін тексеру үшін әр сынамадан кварттау әдісімен ^{241}Am спектрометриялық анықтауға арналған массасы шамамен 100 г 2 па-

раллель субүлгі дайындалады. Егер ^{241}Am өлшенген шоғырлануының субүлгілердегі айырмашылығы 10 % көп болса, субүлгілер қайтадан бірігеді және қосымша гомогенизация жасау мақсатында қайталап үгіту жүргізіледі. Одан соң әр сынамадан кварттау арқылы ^{241}Am спектрометриялық анықтауға арналған массасы шамамен 100 г 2 параллель субүлгі қайтадан дайындалады. Егер ^{241}Am анықтау нәтижелерінің ұқсастығы қанағаттанарлық болса, үлгілер қосылады, кварттау арқылы массасы 50 – 75 г. ілме іріктеп алынады және қосымша диірменде үгітіледі. Қайталап үгітілген ілмеде ары қарай $^{239+240}$Pu, ^{238}Pu және ^{241}Pu анықтау үшін кварттау әдісімен массасы 10 г екі үлгі іріктеп алынады.

3.2. $^{239+240}$Pu және ^{238}Pu анықтау

$^{239+240}$Pu және ^{238}Pu анықтау элементтерінің құрамына келесілер: күлдеу, толық қышқылдық ыдырау, Pu изотоптарын соңында элюирлеу және альфа-спектрометриялық көзді тат баспайтын болаттан жасалған төсеніште электрлік қоршау арқылы бағаналық экстракциялық хроматография әдісімен бөлу кіретін стандартты әдістемеге [1] сәйкес бір субілмеден жүргізіледі. Белсенділікті өлшеу және есептеу альфа-спектрометрияның стандартты әдістерімен жүргізіледі. Трассер ретінде ^{242}Pu пайдаланылады.

Үлгілердің тазалығын альфа-сәулелендіруші радионуклидтер бойынша бақылау келесі түрде жүргізіледі – өлшенген альфа спектрден альфа-камераның өзіндік аясы шегеріледі, сосын спектрде $^{239+240}$Pu, ^{238}Pu тіркеу терезелеріндегі шек көлемі және барлық тіркеу аралығындағы аралық есептеу тіркеледі. Егер аралық есептеу $^{239+240}$Pu және ^{238}Pu шектер көлемдерінің сомасынан 10% асса, онда сынама «лас» ретінде бағаланады және екі ілме де қайтадан жасауға жіберіледі.

3.3. ^{241}Pu анықтау

Екінші ілмеден плутоний изотоптарын бөлу сол әдіспен, трассерді қоспай жүргізіледі. Қайта сіңіруден соң көлемі шамамен 80 мл элюат көлемі 100 мл шыны стақанға жиналады. Көлемі 20 мл шыны виалкаға 10 мл-ден біртіндеп барлық элюат жіберіліп, құрғағанша кептіріледі. Сосын бұл виалкаға 0,2 мл 0,5 М тұзды қышқыл және 20 мл UltimaGold сцинтилляторы қосылады.

Өлшеулер Hewlett-Packard фирмасының TRI-CARB 2900 СС-спектрометрінде жүргізіледі. Есептеу жылдамдығын тіркеу үшін ^{241}Pu 0-ден 15 кэВ дейінгі облыс көрсетіледі. Жалпы альфа-есепті тіркеу үшін облыс 20-дан 2000 кэВ дейін көрсетіледі. Үлгінің тазалығын бақылау облысы 20-дан 30 кэВ дейін көрсетіледі. Өлшеу уақыты 2 сағатты құрайды. Өлшеулер жүргізу кезінде үлгінің түрлендірілген спектралды индексін (tSIE) есептеу функциясы міндетті түрде қосылады.

СС-спектрометрді жұмысқа дайындау оны пайдалану жөніндегі нұсқаулыққа сәйкес жүзеге асады. Спектрометрдің өзіндік қалпына келу процедурасы автоматты режімде тәулігіне бір рет жүргізіледі. Өлшеу басталар алдында 2 сағат ішінде құрамында 20 мл сцинтиллятор бар үлгіні өлшеу арқылы аялық есептеу жылдамдығы анықталады.

$$A(Pu^{241}) = \frac{\frac{(N_A - N_{A,F})}{\varepsilon} \cdot A(Pu^{238+239+240})}{(N_B - N_{B,F})}$$, бұл жерде (1)

Ары қарай ^{241}Pu абсолютті белсенділігі келесі формула бойынша есептеледі:

$A(Pu^{238+239+240})$ – альфа-спектрометриялық талдама деректері бойынша алынған $^{239+240}$Pu, ^{238}Pu абсолютті белсенділіктерінің сомасы.

$(N_A\text{-}N_{A,F})$ –есептеу жылдамдықтарының импульстерде үлгіден және 0 – 15 кэВ облысындағы есептеудің аялық жылдамдығы арасындағы секундтарда берілген айырмашылық.

$(N_B\text{-}N_{B,F})$ - есептеу жылдамдықтарының импульстерде үлгіден және 20 – 2000 кэВ облысындағы есептеудің аялық жылдамдығы арасындағы секундта берілген айырмашылық.

$$\varepsilon = -0.05 + 0.00131 \times t - 6{,}75 \times 10^{-7} \times t^2 \text{ , бұл жерде} \qquad (2)$$

ε –^{241}Pu тіркеу тиімділігі мына формула бойынша есептеледі:

t –TRI-CARB 2900 спектрометрде орнатылған, СС-спектр өңдеулерінің бағдарламасымен автоматты түрде есептелетін үлгінің түрлендірілген спектралды индексі (tSIE).

4. ^{241}Pu АНЫҚТАУ ӘДІСТЕМЕСІНІҢ МЕТРОЛОГИЯЛЫҚ СИПАТТАМАСЫН БАҒАЛАУ

Әдістеменің метрологиялық сипаттамасын бағалауға параллель үлгілердің ұдайы қалпына келуін есептеу, ^{241}Pu табу шегі және спектрометриялық өлшеулердің тұрлаусыздығы кіреді.

4.1. Әдістеменің табу шегін есептеу

Әдістеменің табу шегін есептеу үшін ^{241}Pu (0-15 кэВ) тіркеу облысында 2 сағат ішінде аяны үш рет өлшеу жүргізілді, оның орташаланған мәні 14,7 имп/мин құрады. Әзірленген әдістеменің ^{241}Pu анықтау шегі орташа 50% химиялық шығу және ^{241}Pu 30% бойынша тіркеудің орташа тиімділігін ескере отырып, 3δ критерийі бойынша 20 Бк/кг құрады.

^{241}Pu табу шегін төмендету қажеттілігі кезінде өлшеу уақытын ұлғайтуға болады. Өлшеу уақыты 4 сағат болғанда ^{241}Pu табу шегі 13 Бк/кг, 8 сағаттық өлшем кезінде - 9 Бк/кг құрайды.

4.2. Өлшеулердің ұдайы қалпына келуін анықтау

Өлшеулердің ұдайы қалпына келуін есептеу үшін ^{241}Pu белгілі тиесілі белсенділігі бар үш үлгі алынды. Әр үлгі тең бес бөлікке бөлінді. Ары қарай бөліктің әрқайсысы әзірленген әдістемеге сәйкес тәуелсіз талданды.

СС-талдама нәтижелері негізінде параллель үлгілердің әр сериясына арналған тиесілі белсенділік, тиесілі белсенділіктің ҮОЖ тиесілі белсенділігінің орташа мәні және ҮОЖ салыстырмалы мәні есептелді. Әр үлгіні өлшеу уақыты 2 сағатты құрады. Алынған мәндер 5-кестеде берілген.

5-Кесте

^{241}Pu анықтау әдістемесінің ұдайы қалпына келуін тексеру нәтижелері

Сынама нөмірі	Белсенділік, Бк/кг					Орташа, Бк/кг	ҮОЖ, Бк/кг	Салыстырмалы мән, %
	Үлгі №							
	1	2	3	4	5			
№ 1	-	55	64	51	37	52	11	21
№ 2	420	535	598	480	366	479	91	19
№ 3	8059	7812	7238	7411	7456	7595	332	4,4

4.3. Өлшеудің тұрлаусыздығын есептеу

Спектрометриялық өлшеулердің тұрлаусыздығын есептеу параллель үлгілердің спектрометриялық өлшеу нәтижелері негізінде жасалды. Есептеудің математикалық процедурасы «Өлшеудің тұрлаусыздығын көрсету жөніндегі басшылыққа» [11] сәйкес жүзеге асты. Сыныманы іріктеп алудың тұрлаусыздығы аталған кезеңде қарастырылмайтындығын атап айту керек. Тиесілі белсенділіктің әр дипазоны үшін сенімді болжамдықтың 99 % кезінде спектрометриялық өлшеулердің орташаланған салыстырмалы тұрлаусыздығының мәндері төменде көрсетіледі:

- 100 Бк/кг дейін 50 % аса;
- 100 – 1000 Бк / кг – 20 %;
- 1000 – 10000 Бк / кг – 15 %.

Белсенділіктің ең төмен аралығы өлшеулерінің жоғары тұрлаусыздығы, мүмкін, белсенділіктің аталған мәнінің – 52 Бк/кг табу шегіне жақындығымен түсіндірілетін шығар.

5. ССП НЕГІЗГІ СЫНАҚ АЛАҢДАРЫНЫҢ ТОПЫРАҒЫНДАҒЫ ^{241}Pu ЖӘНЕ ^{241}Am ҚАТЫНАСТАРЫН АНЫҚТАУ

5.1. Сынамаларды іріктеп алу

Зерттеулер үшін бұрынғы ССП әдеттегі сынақ алаңдарынан топырақтың жербеткі сынамалары (0-5 см қабат) іріктеп алынды:

- Дегелең таулы массиві штольняларындағы сынақтар жүргізілген орындар;
- экскавациялық жарылыс жүргізілген орын (Атом көлі);
- «Тәжірибе даласы» және оның әсер етуші аймағындағы аумақ;
- әскери радиоактивті заттектердің (ӘРЗ) сынақ алаңдары.

Зерттеулер үшін барлығы 19 сынама іріктеп алынды. Сынамаларды іріктеп алу орындары 6-кестеде көрсетілген.

6-Кесте

Іріктеп алынған сынамалардың және ластанудың болжанған типі көрсетілген, зерттеулерге арналған сынамаларды іріктеп алу орындары

№ р/р	Сынамалар саны, дана	Іріктеп алу орны	Ластану типі
1	9	«Тәжірибе даласы» және оның әсер етуші аймағындағы аумақ	Жерүсті және ауадағы жарылыстар, гидроядролық сынақтар нәтижелеріндегі, радиоактивті бұлт өткен кездегі радиоактивті заттектердің түсу нәтижелеріндегі радиоактивті ластану
2	3	ӘРЗ алаңдары	Әскери радиоактивті заттектердің сынақтарын жүргізу нәтижесінде радиоактивті ластану
3	2	177 штольня	Штольнялардан ағып шығатын сумен радионуклидтердің шығу нәтижесіндегі радиоактивті ластану
4	2	143 штольня	
5	3	Атом көлі	Термоядролық жарылысты жүргізу нәтижесіндегі радиоактивті ластану

5.2. Сынамаларды алдын ала дайындау және талдау процедурасы

Салмағы 0.8 – 1.2 кг болатын іріктеп алынған сынамалар ауадай-құрғақ салмаққа дейін кептіріледі, олардан < 2 мм фракциясы бөлінеді, бөлінген фракциядан кварттау әдісімен салмағы 600 г үлгі іріктеп алынады. Үлгі 20 минут ішінде «Fritcsh» фирмасының «Pulverisette 9» дискілі диірменінде үгітілді. Сосын әр сынамадан ^{241}Am анықтауға арналған массасы ~ 200 г үш параллель үлгі дайындалады. Егер параллель үлгілер бойынша нәтижелердің жинақтылығы 10 % нашар болса, үлгілер бірігіп, үгіту арқылы қосымша гомогенизация жүргізіледі (^{241}Am шоғырлануы табу шегіне жақындаған жағдайдан басқа). Анықтаған соң үлгілер біріктіріледі, кварттау арқылы 100–150 г ілме іріктеп алынады, ары қарай $^{239+240}$Pu, ^{238}Pu және ^{241}Pu анықтау үшін кварттау әдісімен массасы 10 г екі үлгі іріктеп алынады, диірменде қосымша 20 минут ішінде үгітіледі.

5.3. ^{241}Am және ^{241}Pu шоғырлануын анықтау

Өлшеулер «Canberra» фирмасының көміртектікомпозитті шығу терезесі, желі бойынша 122,0 кэВ – 650 эВ ВЕ энергетикалық рұқсаты бар 2020 планарлы германийлі детекторын пайдалана отырып, аспапты гамма-спектрометриялық әдіспен жүргізілді. Статистикалық жалған минимумына келтіруге арналған өлшеу уақыты үлгілердің белсенділігіне байланысты 3 сағаттан 3 тәулікке дейін құбылады. ^{241}Am анықтаудың дұрыстығы АТЭХАГ (IAEA-134, IAEA-135) стандарттарының кезеңдік өлшеулерімен бақыланды. Алынған нәтижелерді шоғырлануын сертификатталған мәндерімен салыстыру пайдаланылған талдама әдістемесінде жүйелік қате жоқтығын көрсетті. Сондайақ, талдау нәтижелерінің дұрыстығы ALMERA халықаралық ұйымының 2009 ж. жүргізген зертханааралық салыстыруымен дәлелденеді. Халықаралық зертханааралық салыстыру нәтижелері 7-кестеде берілген.

7-Кесте

Халықаралық зертханааралық салыстыру нәтижелері

Үлгінің №	Өлшенген ^{241}Am белсенділігі, Бк/кг	Аттестатталған ^{241}Am белсенділігі, Бк/кг	Айырмашылық, %
#1	48.9 ± 1.0	51.900 ± 0.620	-5.78
#2	1.6 ± 0.3	1.579 ± 0.060	1.35
#3	50.2 ± 1.0	51.900 ± 0.620	-3.28

^{241}Pu анықтау әзірленген әдістемеге сәйкес.

6. НӘТИЖЕЛЕР ЖӘНЕ ТАЛҚЫЛАУ

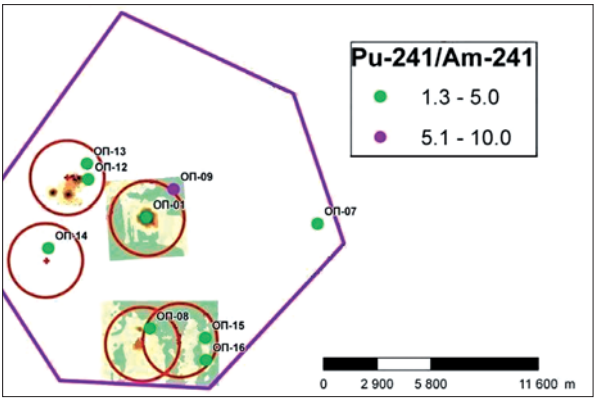
6.1. «Тәжірибе даласы» және оның әсер етуші аймағы

8-кестеде ^{241}Pu және ^{241}Am анықтау нәтижелері және олардың «Тәжірибе даласы» алаңындағы іріктеп алынған топырақ сынамаларындағы арақатынасы көрсетілген. 3-суретте сынамаларды іріктеп алу нүктелері берілген.

8 -Кесте

^{241}Pu және ^{241}Am анықтау нәтижелері және олардың «Тәжірибе даласы» алаңындағы және оның әсер етуші аймағында орналасқан аумақ топырағындағы арақатынасы

Үлгі	^{241}Am, Бк/кг	^{241}Pu, Бк/кг	^{241}Pu/^{241}Am	
ТД-01	480 ± 40	1680 ± 330	3.5 ± 1.0	Орташа 2,4 ± 0,7
ТД-07	124 ± 12	200 ± 40	1.6 ± 0.5	
ТД-08	4730 ± 420	9100 ± 1800	2.0 ± 0.5	
ТД-09	107 ± 8	540 ± 110	5.0 ± 1.5	
ТД-10	44 ± 4	170 ± 30	3.9 ± 1.0	
ТД-11	710 ± 140	920 ±184	1.3 ± 0.3	
ТД-12	60 ± 5	180 ± 40	3.0 ± 0.7	
ТД-13	570 ± 40	1400 ± 280	2.5 ± 0.6	
ТД-14	320 ± 30	620 ± 120	2.0 ± 0.5	



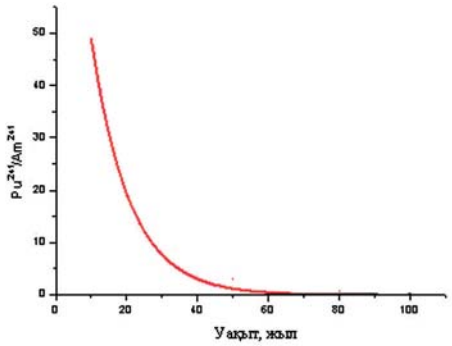
3-Сурет. «Тәжірибе даласы» алаңындағы және оның әсер етуші аймағында орналасқан аумақтағы сынамаларды іріктеп алу нүктелері және алынған арақатынастар

Тікелей сынақ алаңдарында жағдайлардың 90 % – ^{241}Pu/^{241}Am арақатынасы орташа мән 2,4 кезінде 1,3-тен 3,9 дейінгі жеткілікті тар аралықта жатыр. Алынған деректердің шынайылығын бағалау үшін болжамды ^{241}Pu/^{241}Am арақатынасын теоретикалық есептеу жүргізілді.

^{241}Pu және оның еншілес радионуклиді ^{241}Am белсенділіктері радиоактивті ыдырау заңына сәйкес өзара байланысты болғандықтан, болжамды 0 уақыт кезеңінде ^{241}Am белсенділігі де 0-ге тең десек, уақыт ағымында олардың белсенділіктері қатынасының өзгерістерін есептеуге болады. ^{241}Pu белсенділігінің ^{241}Am белсенділігіне қатынасының өзгерістерін суреттейтін қисық сызық 4-суретте көрсетілген.

«Тәжірибе даласы» алаңындағы сынақтар 1949 ж. 29 тамыз – 1962 ж. 24 қаңтарға дейінгі кезеңде жүргізілді. ^{241}Am белсенділігі заряд заттегінде сынақ кезеңінде минималды десек (ары қарайғы есептеулер үшін нөлге тең деп алынған), теоретикалық есептелген радиоактивті ыдырау заңын ескере отырып, ^{241}Pu/^{241}Am болжамды қатынастар 2,4-тен 4,7 дейінгі аралықта орналасқан.

Тәжірибелік деректер мен теоретикалық есептеулердің кейбір айырмашылықтары, мүмкін, плутоний мен америцийдің түрлі жылыстау қасиеттерімен және олардың топырақтағы қайта таралуымен түсіндіріледі.



4-Сурет. ^{241}Pu белсенділігінің ^{241}Am белсенділігіне қатынасының уақыт ағымындағы өзгерісі

6.2. «Дегелең» таулы массивінің штольнялары

9-кестеде ^{241}Pu және ^{241}Am анықтау нәтижелері және олардың «Дегелең» алаңында іріктеп алынған топырақ сынамаларындағы қатынасы ұсынылған.

Жеке алынған екі штольняның әрқайсысы үшін ^{241}Pu/^{241}Am алынған қатынастарының аралығы жеткілікті жақын аралықта жатыр. 177 штольнядағы сынақ жүргізілген күн 1983 ж. 30 наурыз, ^{241}Pu/^{241}Am осы күнге теоретикалық есептелген қатынасы орташа алынған 18,8 ± 4,7 кезде 16,2 тең. 143 штольнядағы сынақ жүргізілген күн 1976 ж. 30 қазан, ^{241}Pu/^{241}Am осы күнге теоретикалық есептелген қатынасы орташа алынған 3,8 ± 1,0 кезде 10,5 тең.

143 штольня үшін талдау нәтижелері мен теоретикалық есептеу арасындағы мұндай айырмашылықты төмендегіге сәйкес, келесі фактілер қатарымен түсіндіруге болады [12]:

- 177 штольнядағы сынақтың жүргізілу мақсаты – «Ядролық қаруды құру немесе жетілдіру (ЯҚЖ)»;
- 143 штольнядағы сынақтың жүргізілу мақсаты – «ЯЖ зақым келтіретін факторлары мен олардың әскери және азаматтық нысандарға әсерін зерттеу (ЗФЗ)».

9-Кесте

^{241}Pu және ^{241}Am анықтау нәтижелері және олардың штольнялардан радионуклидтердің шығуы нәтижесінде ластанған ССП телімдері топырақтарындағы арақатынастары

Үлгі	^{241}Am, Бк/кг	^{241}Pu, Бк/кг	^{241}Pu/^{241}Am	
177/1 шт.	940 ± 65	17600 ± 3500	18.7 ± 4.7	Орташа 18,8 ± 4,7
177/2 шт.	810 ± 60	15300 ± 3100	18.9 ± 4.7	
143/1 шт.	410 ± 36	2100 ± 400	5.0 ± 1.3	Орташа 3,8 ± 1,0
143/2 шт.	746 ± 65	2000 ± 400	2.6 ± 0.6	

Осыдан 177 штольнядағы сынақтар үшін жақында құрылған - «жаңа» заряд, ал 143 штольнядағы сынақтар үшін сериялы – салыстырмалы түрде бұрында дайындалған «тексерілген» заряд пайдаланылды деп үлкен сенімділік үлесімен болжауға болады. Кері теоретикалық есептеу зарядын құрудың болжамды уақыты – 1958-1959 жж. – яғни, заряд шамамен 18 жыл сақталуда жатқанын көрсетті. Бұл ядролық зарядты сақтаудың мерзімін толықтай қанағаттандырады, кейбір деректер бойынша ол шамамен 30 жылды құрайды [10].

Сондай-ақ тәжірибелік деректер мен теоретикалық есептеулердің сәйкессіздігі плутоний мен америцийдің түрлі физикалық-химиялық қасиеттерімен, олардың түрлі жылыстау қасиеттерімен және, соңында, топырақтағы қайта таралуымен түсіндірілетін шығар.

6.3. «Атом көлі»

10-Кестеде ^{241}Pu және ^{241}Am анықтау нәтижелері және олардың «Атом көлі» алаңында іріктеп алынған топырақ сынамаларындағы қатынасы ұсынылған.

10-Кесте

^{241}Pu және ^{241}Am анықтау нәтижелері және олардың экскавациялық жарылыс жүргізу нәтижесінде ластанған ССП телімдері топырақтарындағы арақатынастары

Үлгі	^{241}Am, Бк/кг	^{241}Pu, Бк/кг	^{241}Pu/^{241}Am	
АК-01	344 ± 28	1430 ± 290	4.2 ± 1.0	Орташа 3,7 ± 1,0
АК-02	1090 ± 83	3090 ± 620	2.8 ± 0.7	
АК-03	533 ± 48	2160 ± 430	4.1 ± 1.0	

^{241}Pu/^{241}Am қатынастарының салыстырмалы жақын аралығының орташа 3,7 кезінде 2,8-ден 4,2 дейінгі тіркелген шектері бар.

Сынақ жүргізілген күн 1965 ж. 15 қаңтар, ^{241}Pu/^{241}Am осы күнге теоретикалық есептелген қатынасы орташа алынған 3,7 ± 1,0 кезде 5,3 тең.

6.4. «ӘРЗ» алаңы

11-Кестеде ^{241}Pu және ^{241}Am анықтау нәтижелері және олардың «ӘРЗ» алаңында іріктеп алынған топырақ сынамаларындағы қатынасы ұсынылған.

11-Кесте

^{241}Pu және ^{241}Am анықтау нәтижелері және олардың әскери радиоактивті заттектер сынағын жүргізу нәтижесінде ластанған ССП телімдері топырақтарындағы арақатынастары

Үлгі	^{241}Am, Бк/кг	^{241}Pu, Бк/кг	^{241}Pu/^{241}Am	
ӘРЗ-01	20 ± 1,6	29.8 ± 6.0	1.5 ± 0.4	Орташа 1,3 ± 0,4
ӘРЗ-02	26 ± 1,8	45.2 ± 9.0	1.7 ± 0.4	
ӘРЗ-03	690 ± 57	450 ± 90	0.6 ± 0.2	

^{241}Pu/^{241}Am қатынастарының аралығының орташа 1,3 кезінде 0,6-дан 1,5 дейінгі тіркелген шектері бар.

«ӘРЗ» алаңындағы сынақтар 1953 ж. – 1957 ж. дейінгі кезеңде жүргізілді, ^{241}Pu/^{241}Am теоретикалық есептелген қатынастары осы күнге 2,4-тен 4,7 дейін құбылады. Алайда бұл жағдайда ^{241}Pu/^{241}Am қатынастарын теоретикалық есептеу қиын, өйткені аталған аумақтың ластануы плутоний изотоптарының радиохимиялық бөлінуі соңынан пайдаланылған реактивті отыннан жасалған, яғни құрамында реакторда жиналатын ^{241}Am көп мөлшері бар әскери радиоактивті заттектер қоспасының шаңдануы есебінен болды. Аталған факт теоретикалық есептелген қатынастар аралығының көп жоғарылауына әкеледі.

ҚОРЫТЫНДЫ

Семей сынақ полигоны негізгі алаңдарының топырақтарындағы ^{241}Pu анықтаудың әдістемесі әзірленді. Ұсынылған әдістеменің табу шегі 20 Бк/кг құрады.

Көптеген жағдайларда оқшауланған алаңдарда $^{241}Pu/^{241}Am$ арақатынасы өте жақын аралықта жатыр, бұл өз кезегінде ^{241}Am гамма-спектрометриялық талдамасының нәтижелері бойынша ^{241}Pu белсенділігіне тиімді және салыстырмалы арзан бағалау жасауға мүмкіндік береді. Бұндай әдіспен ^{241}Pu белсенділігін бағалау дәлдігі шамамен 50 %-ды құрайды, бұл көп жағдайда жеткілікті болып табылады.

Алайда бағалаудың аталған әдісі ССП сынақ алаңдарының барлығында пайдалануға келмейді. Тек «ӘРЗ» және «Дегелең» алаңдарында ғана, өйткені «ӘРЗ» алаңындағы ластану түбегейлі әр түрлі изотоптық арақатынастары бар оқшауланған дақтар сипатты, ал «Дегелең» алаңындағы радионуклидтердің өзендер арнасы бойымен қайта таралу эффектісі түбегейлі көрінеді.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. Плутоний-(239+240), стронций-90, америций-241 изтоптарын қоршаған орта нысандарында анықтау әдістемесі: МИ 06-7-98. – Алматы, 1998.
2. Full Range MGA Plutonium Isotopic Analysis Using Single Ge Detector / W.M.Buckley, T.F.Wang, A.Friensehner and other. - PerkinElmer technical documents.
3. *Ломоносов И.И.* Тритийді өлшеу / И.И. Ломоносов, Л.Д. Сошин. - М.: Атом баспасы, 1968. – 106 б.
4. *Ғаламтор материалы:* http://209.85.229.132/search?q=cache:PAGix9tYYm0J:orise.orau.gov/ieav/survey-projects/pubs/lab-manual/ap10.pdf+%D0%BF%D0%BB%D1%83%D1%82%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%B9-241-&cd=229&hl=ru&ct=clnk&gl=ru
5. Ғаламтор материалы: http://www.radiochemistry. umcs.lublin.pl/home/1999/AK_bw.htm
6. Ғаламтор материалы:http://www.springerlink.com/ content/p6g0uqt17r1m3332/
7. *Степанов А.В.* Плутонийді ішкі стандарттауы бар спектрофотомерия және сұйық сцинтилляторы бар абсолюттік альфа – есептеу әдістерімен прецизионды анықтау / А.В.Степанов, С.А. Никитина, В.Т. Карасев // В.Г.Хлопин атындағы Радий институтының еңбектері. - 2003. – 10 том. – 50 – 58 б.
8. *Лощилов Н.А.* ЧАЭС апат нәтижесінде пайда болған ыстық бөлшектердің ядролық-физикалық қасиеттері / Н.А.Лощилов, В.А.Кашпаров, В.Д.Поляков // Радиохимия. – 1992. - № 2. – 113 – 125 б.
9. Ғаламтор материалы: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1580376
10. Ғаламтор материалы: http://gorod.tomsk.ru/index-1223908212.php
11. Өлшеулердің тұрлаусыздығын көрсету жөніндегі басшылық. – СПб.: ВНИИМ, 1999.
12. *Андрюшин И.А.* КСРО-дағы ядролық сынақтар/ И.А.Андрюшин, В.В.Богдан, С.А. Зеленцов [және басқалары]. – М.: РФЯЦ-ВНИИЭФ. – 1997.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОТНОШЕНИЙ АКТИВНОСТИ ^{241}Pu И ^{241}Am В ПОЧВЕ ОСНОВНЫХ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ ПЛОЩАДОК СИП

В.В. Каширский, С.Н. Лукашенко, О.Ю. Коровина, А.Н. Шатров

Институт радиационной безопасности и экологии НЯЦ РК, Курчатов, Казахстан, kashirskiy@nnc.kz

Разработана методика определения ^{241}Pu в почвах основных испытательных площадок Семипалатинского испытательного полигона. Представлены результаты определения активностей ^{241}Am и ^{241}Pu в пробах почвы, отобранных на основных испытательных площадках СИП. Рассчитаны отношения активностей ^{241}Pu к ^{241}Am.

В большинстве случаев на локальных площадках отношение ^{241}Pu/^{241}Am лежит в достаточно узком интервале, что делает возможным проведение оценки активности ^{241}Pu по результатам гамма-спектрометрического анализа ^{241}Am. Точность оценки активности ^{241}Pu таким методом будет составлять около 50 %, что в большинстве случаев вполне достаточно.

Ключевые слова: ядерные испытания, мониторинг, радиоэкология, радиоактивное загрязнение, радионуклиды, полигон.

STUDY OF ACTIVITY RATIO OF 241PU AND 241AM IN SOIL OF MAJOR TEST GROUNDS OF STS

V.V. Kashirskiy, S.N. Lukashenko, O.Yu. Korovina, A.N. Shatrov

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

A method for determining ^{241}Pu in soil of major test grounds at Semipalatinsk test site has been developed. Activities of ^{241}Am and ^{241}Pu in soil samples taken from the major testing grounds of STS have been determined. The ratio of ^{241}Pu to ^{241}Am was calculated.

In most cases at the local grounds the ratio of ^{241}Pu/^{241}Am lies in the fairly narrow range, which makes it possible to assess the activity of ^{241}Pu by the results of gamma-spectrometric analysis of ^{241}Am. The accuracy of assessing ^{241}Pu activity with this method is about 50% which is sufficient in most of the cases.

Key words: nuclear tests, monitoring, radioecology, contamination, radionuclides, test site.

БӨЛІМ: ССП-ғы ЖҰМЫСТАРДЫ ҚАУІПСІЗ ЖҮРГІЗУДІ ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ

УДК 577.4:615.849:504.064:539.16:622.258.4

«ДЕГЕЛЕҢ» АЛАҢЫ ШТОЛЬНЯЛАРЫНДАҒЫ ИНЖЕНЕРЛІК ҚҰРЫЛЫСТАРДЫҢ ҚОСЫМША ҚОРҒАУЫН ҚҰРУ БОЙЫНША ЖҰМЫСТАРДЫ ЖҮРГІЗУ КЕЗІНДЕГІ ЖЕКЕ ДОЗАНЫ ҚАЛЫПТАСТЫРУ

Е.В. Мустафина, В.Н.Дмитропавленко, А.Ю.Осинцев, Н.В.Брянцева

Мақалада «Дегелең» алаңы штольняларындағы инженерлік құрылыстардың қосымша қорғауын құру бойынша жұмыстарды жүргізу кезіндегі қызметкердің жеке дозасын есептеу нәтижесі ұсынылған. Қосымша инженерлік қорғау құрылысы бойынша жұмыстарды жүргізу кезіндегі жеке дозаны қалыптастыруға әсер ететін негізгі факторлар анықталып, қызметкерге иондық сәулеленудің сыртқы көздерінен дозалық жүктемесі және радионуклидтердің ингаляциялық түсуінің салдары есептелген, қосымша инженерлік қорғау құрылысы бойынша жұмыстарды жүргізу кезіндегі радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз етуді оңтайландыру бойынша ұсыныстар әзірленген.

Түйін сөздер: полигон, «Дегелең», радионуклидтер, инженерлік құрылғыларды қорғау, штольня, радиациялық жағдай, радиациялық параметрлер, дозалардың қалыптасуы, сыртқы сәулелену, ішкі сәулелену.

КІРІСПЕ

2005 ж. бастап ССП аумағында «Дегелең» алаңы штольняларындағы инженерлік құрылыстардың қосымша қорғауын құру бойынша жұмыстар жүргізілуде. Аталған жұмыстар үш жақты – Ресей Федерациясы – Қазақстан Республикасы – АҚШ негізінде жүргізілуде.

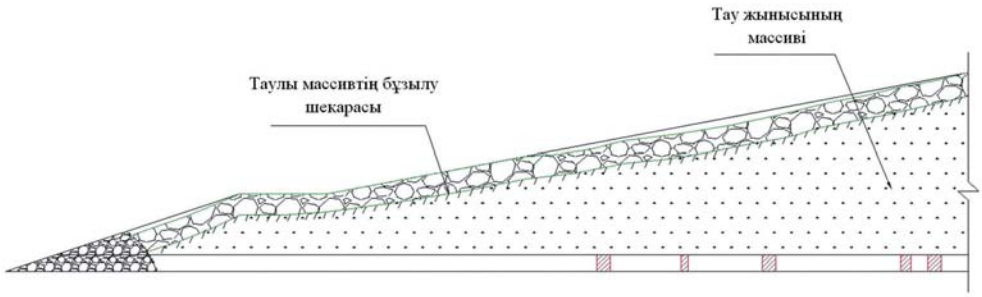
Нысандардағы инженерлік құрылыстардың қосымша қорғауын құру бойынша жұмыстарды жүргізу қызметкердің сәулеленуінің жоғары дозасына және қоршаған ортаның радиоактивті заттектермен ластануына әкелуі мүмкін.

Жұмыстарды жүргізу кезінде ҚР ҰЯО РҚЭИ мамандары алдын ала радиациялық зерттеу, қорғау құру кезіндегі радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету және жұмыс аяқталғандағы қорытынды зерттеуді қосатын радиациялық қауіпсіздік жүйесінің жұмысын қамтамасыз етті. Радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету жүйесінің негізгі мақсаттары – жұмыста қамтылған қызметкерлердің аса сәулеленуінің және атқарылған жұмыстардың қоршаған ортаға кері әсерінің алдын алу.

Кәсіби сәулелену дозасы қызметкердің радиациялық қауіпсіздігін қамтамасыз ету бойынша шаралар тиімділігінің қорытынды критерийі болып табылады [1]. Өңдеу және қорытындылаудан кейінгі дозалық ақпарат радиациялық қауіпсіздіктің барлық жүйесінің тиімділігін бағалау үшін бастапқы материал болып табылады және радиациялық-қауіпті жұмыстарды жүргізу кезіндегі қызметкердің еңбек жағдайын жақсарту жөніндегі іс-тәжірибелік ұсыныстарды әзірлеу үшін қажетті негіздің қызметін атқарады. Қызметкердің дозалық шегінің асуын болдырмау және РҚ бойынша шараларды оңтайландыру үшін ақпарат алу жеке дозаны толық бағалаудың және оларды бақылаудың мақсаты болып табылады.

1. ҚОСЫМША ИНЖЕНЕРЛІК ҚОРҒАУДЫ ҚҰРУ ӘДІСТЕРІ

Штольня – бұл тау жынысындағы көлденең өнім, қима ауданы ~7-9 м^2 және ұзақтығы 2 км дейін (1-сурет).



1-Сурет. Штольня сұлбасы

Ядролық қызмет қалдықтарының (ЯҚҚ) таралу қауіпін азайту үшін нысандарда рұқсатсыз ЯҚҚ алу мүмкіндігін болдырмайтын байлау материалымен штольня қуыстарын толтыруға негізделген қосымша қорғау құрылады.

Жобалауға арналған тапсырмаларға берілген бастапқы деректерге байланысты қосымша қорғау құру екі әдіспен жүзеге асады:

- таулы массивтің үстінен бұрғыланған тік ұңғымалар арқылы қосымша инженерлік қорғау құру – тік әдіс;
- құрылыс порталының соңынан штольнялардың таулы өнімін ашу арқылы қосымша инженерлік қорғау құру – көлденең әдіс.

Штольнялардың қосымша инженерлік қорғауын құру жұмыстардың таңдап алынған әдісіне байланысты негізгі кезеңдер қатарын қосады:

Тік әдіс
- дайындық жұмыстары;
- штольнялар қуысына іздеу ұңғымаларын бұрғылау;
- тік ұңғымалар арқылы қосымша инженерлік қорғау құру.

Тік әдіспен штольняларда қосымша инженерлік қорғау құру кезіндегі штольнялардағы жұмыс уақыты 1,5-тен 3 айға дейін өзгерді.

Көлденең әдіс:
- дайындық жұмыстары;
- штольня порталын ашу және штольня қуысын опырылулар мен үйінділерден тазалау;
- бетон «тығындар» мен бітеулерді алу;
- қосымша инженерлік қорғау құру;
- нысанды жабу.

Көлденең әдіспен штольняларда қосымша инженерлік қорғау құру кезіндегі штольнялардағы жұмыс уақыты 3,5-тен 5 айға дейін өзгерді.

Қосымша қорғау құру әдісіне байланысты штольняларға шартты белгілер берілді:

- қосымша қорғау құрудың көлденең әдісімен – К1, К2, К3, К4;
- қосымша қорғау құрудың тік әдісімен – Т1, Т2, Т3, Т4, Т5.

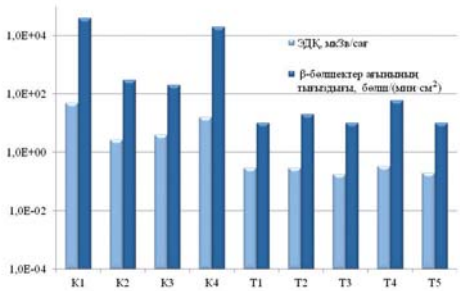
2. ЖҰМЫСТАРДЫ ЖҮРГІЗУ ОРЫНДАРЫНДАҒЫ РАДИАЦИЯЛЫҚ АХУАЛ

«Дегелең» алаңындағы штольняларда қосымша инженерлік қорғау құру бойынша жұмыстар жүргізу кезінде үнемі радиациялық бақылау жүргізіліп отырды. Жұмыстар жүргізу кезіндегі радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету жүйесіне жұмыс орнында және тұрғын лагерьде күнделікті радиациялық параметрлерді өлшеу кешені және ЭДҚ; β-бөлшектер ағынының тығыздығын және ауадағы радионуклидтердің көлемді белсенділігін өлшеу кірді. Жұмыс орнында және дала лагерінде радиациялық параметрлерді бақылау күнделікті жүргізілді. Әр штольняға арналған жұмыстарды жүргізу кезеңінде тіркелген радиациялық параметрлердің максималды және минималды мәндері кестеде және суреттерде берілген (1-кесте, 2-4-суреттер).

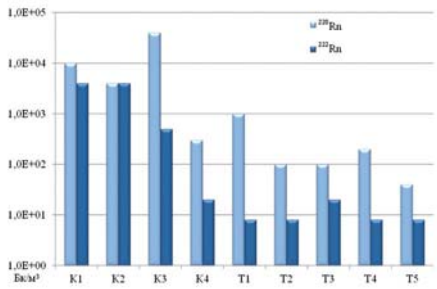
1-Кесте

Жұмыстарды жүргізу орындарындағы радиациялық ахуал жөніндегі деректер

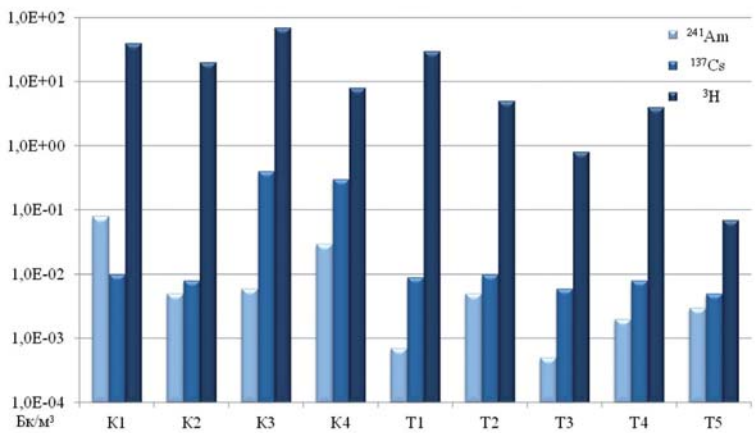
Штольняның шартты белгісі	ЭДҚ, мкЗв/сағ.		β- бөлшектер ағынының тығыздығы, бөлш/(мин·см^2)		ЭТКБ ^{222}Rn, Бк/м^3		ЭТКБ ^{220}Rn, Бк/м^3		Ауадағы көлемді белсенділік, Бк/м^3					
									^{241}Am		^{137}Cs		^{3}H	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
К1	0,14	50	<10	$4\cdot10^4$	<4	$1\cdot10^4$	<8	$4\cdot10^3$	$<6\cdot10^{-7}$	$8\cdot10^{-2}$	$<2\cdot10^{-5}$	$1\cdot10^{-2}$	$<5\cdot10^{-2}$	$4\cdot10^1$
К2	0,19	2,7	<10	$3\cdot10^2$	<4	$4\cdot10^3$	<8	$4\cdot10^3$	$<8\cdot10^{-6}$	$<5\cdot10^{-3}$	$<6\cdot10^{-5}$	$<8\cdot10^{-3}$	$<3\cdot10^{-1}$	$2\cdot10^1$
К3	0,12	3,98	<10	$2\cdot10^2$	<4	$4\cdot10^4$	<8	$5\cdot10^2$	$2\cdot10^{-5}$	$6\cdot10^{-3}$	$<9\cdot10^{-6}$	$4\cdot10^{-1}$	$<1\cdot10^{-1}$	$7\cdot10^1$
К4	0,16	16	<10	$2\cdot10^4$	<4	$3\cdot10^2$	<8	$2\cdot10^1$	$<2\cdot10^{-5}$	$<3\cdot10^{-2}$	$<3\cdot10^{-6}$	$<3\cdot10^{-1}$	$<1\cdot10^{-2}$	$8\cdot10^0$
Т1	0,12	0,30	<10	$1\cdot10^1$	<4	$1\cdot10^3$	<8	-	$7\cdot10^{-5}$	$<7\cdot10^{-4}$	$<8\cdot10^{-5}$	$<9\cdot10^{-3}$	$<1\cdot10^{-1}$	$3\cdot10^1$
Т2	0,15	0,30	<10	$2\cdot10^1$	<4	$1\cdot10^2$	<8	-	$<2\cdot10^{-3}$	$<5\cdot10^{-3}$	$<8\cdot10^{-3}$	$<1\cdot10^{-2}$	$<5\cdot10^{-1}$	$5\cdot10^1$
Т3	0,10	0,18	<10	$1\cdot10^1$	<4	$1\cdot10^2$	<8	$4\cdot10^3$	$<4\cdot10^{-5}$	$<5\cdot10^{-4}$	$<2\cdot10^{-4}$	$<6\cdot10^{-3}$	$<5\cdot10^{-2}$	$8\cdot10^{-1}$
Т4	0,17	0,34	<10	$6\cdot10^4$	<4	$2\cdot10^2$	<8	-	$<3\cdot10^{-5}$	$<2\cdot10^{-3}$	$<5\cdot10^{-5}$	$<8\cdot10^{-3}$	$<1\cdot10^{-1}$	$4\cdot10^0$
Т5	0,18	0,20	<10	$4\cdot10^4$	<4	$4\cdot10^1$	<8	-	$<1\cdot10^{-7}$	$3\cdot10^{-3}$	$<3\cdot10^{-7}$	$<5\cdot10^{-3}$	$<7\cdot10^{-3}$	$7\cdot10^{-2}$



2-Сурет. Жұмыс жүргізілген кезеңдегі радиациялық параметрлердің максималды мәндері



3-Сурет. Жұмыс жүргізілген кезеңдегі ауадағы радонның РРП көлемді белсенділігінің максималды мәндері



4-Сурет. Жұмыс жүргізілген кезеңдегі ^{241}Am, ^{137}Cs, ^{3}H ауадағы көлемді белсенділігінің максималды мәндері

Жұмыс жүргізу орнындағы радиациялық параметрлерді өлшеу нәтижелері қосымша қорғау құрудың көлденең әдісі бар штольнялардың бақыланатын радиациялық параметрлердің жоғары мәндерімен сипатталатынын көрсетеді.

3. ДОЗАЛАРДЫҢ ҚАЛЫПТАСУЫНА ӘСЕР ЕТУШІ НЕГІЗГІ ФАКТОРЛАР

Зерттеліп жатқан штольнялардағы жұмыстарды жүргізу кезіндегі тиімді дозаға ластанған аумақтарда тұруына байланысты радионуклидтер түсуінен болған адамдардың ішкі сәулелену дозасы және сыртқы сәулелену дозасы кіреді.

Бастапқы деректерге сәйкес қазіргі уақытта ^{239}Pu бөліну сынықтары, бөлетін заттектің қалдығы және белсендіру өнімдері «Дегелең» алаңындағы штольнялардың болжамды радиоактивті ластану көздері болып табылады [2].

Болжамды тиесілі белсенділіктің есептік деректері радионуклидтердің штольнялардан жер бетіне болжамды шығуы нәтижесінде штольня аумағы және іргелес телімдер көп шоғырлануларда келесі негізгі радионуклидтермен ластануы мүмкін деп болжам айтуға болады:

- бөліну сыныктары – ^{90}Sr, ^{90}Y, ^{121}Sn-m, ^{137}Ba-m, ^{151}Sm, ^{155}Eu, ^{99}Tc, ^{137}Cs;
- бөлетін заттектің қалдықтары – ^{238}Pu, ^{239}Pu, ^{240}Pu, ^{241}Pu, ^{242}Pu, ^{241}Am;
- белсендіру өнімдері – ^{60}Co, ^{152}Eu.

3.1. Дозалардың сыртқы иондаушы сәулелену көздерінен қалыптасуына әсер етуші факторлар

Сыртқы ИСК дозалардың қалыптасуында төмендегілер қатысады [3]:

- топырақтағы және құз жыныстарындағы табиғи радионуклидтер;
- атмосферадағы табиғи радон ыдырауының табиғи еншілес өнімдері;
- топырақтағы және құз жыныстарындағы жасанды жасалған радионуклидтер.

Дозалардың сыртқы сәулелену көздерінен қалыптасуына гамма- және бета-сәулелендіруші радионуклидтер негізгі әсер береді. «Дегелең» алаңы барлық штольняларындағы жұмыс жағдайында барлық аталған радионуклидтер дозалардың сыртқы сәулелену көздерінен қалыптасуына үлес қосады, бірақ негізгі әсерді (гамма және бета кванттардың шығаратын энергиясын және сондай-ақ жартылай ыдырау кезеңін есепке ала отырып, күтілетін қалдық белсенділігін ескере отырып) ^{90}Sr, ^{90}Y, ^{137}Cs, ^{137m}Ba көрсететін болады .

3.2. Дозалардың ішкі сәулелену кезінде қалыптасуына әсер етуші факторлар

Ішкі, әсіресе, альфа- және бета- сәулелендіруші радионуклидтерден сәулелену сыртқы сәулелену кезіндегіге қарағанда зор үлкен биологиялық қауіп тудырады. Ол радионуклидердің ағзаға түсуі есебінен аталған радионуклидтердің ағзада ұсталып тұру және одан шығу қасиеттеріне байланысты кезең ағымында одан ары қарай ұсталып тұруы есебінен қалыптасады [4]. Мысалы, ^{137}Cs жартылай шығу кезеңі шамамен 70 тәулікті құрайды, ^{241}Am – шамамен 50 жылды, ағзаның бос суындағы тритийдікі – шамамен 10 тәулікті құрайды [5].

Радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету бойынша шараларды сақтауды ескере отырып штольнялардағы (радиациялық-қауіпті нысандарда) жұмыстарды жүргізу ерекшелігі радионуклидтердің пероралды жолмен түсуін болдырымайды, сондықтан, аталған жағдайда, радионуклидтердің ингаляциялық түсуі ішкі сәулелену дозасының қалыптасуының негізгі жолы болып табылады.

Ішкі сәулелену дозасының қалыптасу механизмі аталған радионуклидтердің ауадағы шоғырлануына және тыныс алу органдарының пайдаланылған қорғау құралдарына байланысты болады. Алайда аталған жағдайда олармен ластану мүмкін (бастапқы деректер негізіндегі есептеулер нәтижелері бойынша) барлық негізгі радионуклидтер үшін дозалық коэффициенттерін ескере отырып, ауадағы тең көлемді белсенділік кезінде Pu, ^{241}Am және ^{90}Sr изотоптары дозаға негізгі әсер етеді деп болжауға болады. Сол сияқты ингаляциялық түсуден дозаларды есептеу кезінде тритий, радон және оның ыдырау өнімінің әсерін есептеу керек.

4. ДОЗАЛАРДЫ ЕСЕПТЕУ ӘДІСНАМАСЫ

Бөлінетін ядролық материалдар штольняларда көп мөлшерде анықталмауына байланысты дозаларды есептеу кезінде нейтронды сәулелену есепке алынған жоқ.

Жалпы жиынтық тиімді доза («Дегелең» алаңы штольняларындағы жұмыс жағдайларында) келесі құрамдастардың сомасы ретінде анықталды [6]:

$$E = E_{\gamma} + E_{\beta} + \sum E_{ЕЫӨ} + \sum E_{i(инг)}, \text{ бұл жердегі} \qquad (1)$$

E_{γ} – сыртқы γ-сәуле шығару дозасы;
E_{β} – сыртқы β-сәуле шығару дозасы;
$E_{i(инг)}$ – і-дік радионуклидтің тыныс алу органдары арқылы ағзаға түсуінің болжанған дозасы (радон мен торонның еншілес ыдырау өнімдерінен басқа);
$E_{ЕЫӨ}$ – радон мен торонның еншілес ыдырау өнімдерінің ағзаға түсуінің дозасы.

Дозаларды есептеу сақтандыру тұрғысында қарастырылды. Дозаларды есептеу жұмыстарды жүргізу кезеңінде және бір жылға жүргізілді.

4.1. Сыртқы иондаушы сәулелену көздерінің дозаларын есептеу әдіснамасы

Сыртқы иондаушы сәулелену көздерінің дозасы (ИСК) сыртқы γ- және β-сәуле шығару дозаларының сомасы ретінде анықталды.

Сыртқы γ-сәуле шығару дозаларының есебі эквиваленттік доза қуатын (ЭДҚ) жұмыстарды жүргізу орындарында және дала лагерінде сонда болу уақытын ескере отырып, өлшеудің нәтижелері бойынша жүргізілді [6]:

$$E_{\gamma} = P_{\gamma} \cdot t \cdot K_{ин}, \text{ бұл жердегі} \qquad (2)$$

P_{γ} – жұмыс орнындағы және тұрғын лагерьдегі гамма-сәуле шығару өлшенген эквиваленттік доза қуаты;
t – сәулелену уақыты (7,2 сағат – күнделікті жұмыс уақыты, 16,8 сағат – күнделікті демалыс уақыты);
$K_{ин}$ – әр түрлі органдардың ретсіз сәулеленуін есептейтін адам денесіндегі гамма- сәулеленудің әлсізденуін түзету (есептеулер үшін 1 жыл деп қабылданды).

Сыртқы β-сәуле шығару дозаларының есебі жұмыстарды жүргізу орындарында және дала лагерінде сонда болу уақытын ескере отырып, β-бөлшектер ағыны тығыздығын өлшеу нәтижелері бойынша жүргізілді [6]:

$$E_{\beta} = H_{\beta} \cdot W_t \cdot K_o, \text{ бұл жердегі} \qquad (3)$$

$H_{\beta} = P_{\beta} \cdot t_{обл}$ – бета-сәуле шығару эквиваленттік дозасы;
P_{β} – жұмыс орнындағы және тұрғын лагерьдегі бета-сәуле шығару өлшенген эквиваленттік доза қуаты;
$t_{обл}$ – сәулелену уақыты (7,2 сағат – күнделікті жұмыс уақыты, 16,8 сағат – күнделікті демалыс уақыты);
$W_t = 0{,}01$ – теріге арналған өлшенетін коэффициент;
$K_0 = 0{,}5$ – киіммен бета-сәуле шығару әлсізденуінің коэффициенті.

Бета-сәуле шығару эквиваленттік доза қуатын есептеу төмендегі формула бойынша жүргізіледі:

$$P_{\beta i} = \sum N_{\beta Ei} \cdot e_{\beta Ei} \cdot \exp(-\mu_B \cdot d)$$, бұл жердегі (4)

$N_{\beta E}$ – E_i орташа энергиясы бар β-бөлшектер ағыны тығыздығы, бета-бөлшек/ см^2·с;

exp(-μ_b·d) – ауадағы бета-бөлшектің әлсізденуін түзету (есептеулер үшін 0,9 деп қабылданды).

$e_{\beta Ei}$ – бета-бөлшектің жеке флюенсі E_i орташа энергиясының эквиваленттік дозасы 8.4 РҚН-99 кестесінен [7], Зв·см^2/бөлш

Қарастырылған радионуклидтердің ішінен көп энергияға ^{90}Y (2,28 МэВ) төмен түсетін β-бөлшектер ие. Сақтандыру тұрғысынан есепке ала отырып, сыртқы β-сәулелену көздерінен дозаларды есептеу кезінде жеке флюенске эквиваленттік дозаны анықтау үшін барлық β-бөлшектер 2,28 МэВ энергияға ие деп болжанды.

4.2. Радионуклидтердің ингаляциялық түсуі салдарынан дозаларды есептеу әдіснамасы

Қызметкер үшін радионуклидтердің ішкі түсуінен дозаларды анықтау олардың ағза ішіне ингаляциялық жолмен түсу жағдайында жүзеге асады. Техногенді радионуклидтердің ішкі түсуінен дозаларды есептеу ауа аэрозолдары мен су булары сынамаларының зертханалық зерттеуі, ^{222}Rn және ^{220}Rn эквиваленттік тепе-теңдік көлемді белсенділігін өлшеу және шартты адам үшін тыныс алатын ауаның жылдық көлемі мен дозалық коэффициенттері бойынша анықтамалық материалдар нәтижесінде алынған деректерді ескере отырып, есептеу-талдау әдісімен анықталады [8].

Радионуклидтердің ингаляциялық жолмен (тыныс алу мүшелері арқылы) түсуінен болжамды тиімді доза мына формула бойынша анықталады:

$$E_{i(инг)} = \left(C_{i(жо)} \cdot V_{қызм} + C_{i(атм)} \cdot \left(V_{тұрғын} - V_{қызм}\right)\right) e_{(инг)i}$$, бұл жердегі (5)

$C_{i(атм)}$ – і-тық изотоптың тұрғын аймақ атмосферасындағы шоғырлануы, м^3;

$C_{i(жо)}$ – і-тық изотоптың жұмыс орны ауасындағы шоғырлануы, м^3;

$V_{қызм}$ – қызметкердің жұмыс орнында тыныс алатын ауа көлемі (1,41 м^3 сағатына, 10,16 м^3 – күнделікті жұмыс уақытына [7]);

$V_{тұрғын}$ – тұрғындардың тұрғын аймақ атмосферасындағы тыныс алатын ауа көлемі (1,41 м^3 сағатына, 23,7 м^3 – күнделікті демалыс уақытына [7]);

$E_{i(инг)}$ – РҚН-99-да қызметкер үшін П1 кестесінде және тұрғындар үшін П2 кестесінде көрсетілген і-тық изотоптың оның ингаляциялық жолмен түсуі кезіндегі дозалық коэффициенті, Зв/Бк [7].

Радон мен оның ыдырау өнімінің $E_{ЕЫӨ}$ ағзаға түсуінен тиімді доза мына формула бойынша анықталады [6]:

$$E_{ЕЫӨ\ (қызм)} = g_{ЕЫӨ\ (қызм)} \cdot (V_қ \cdot Cp_{жо} + (V_т - V_қ) \cdot (Cp_{атм} \cdot 0{,}2 + Cp_{тұ} \cdot 0{,}8))$$, бұл жерде (6)

$g_{ЕЫӨ\ (қызм)}$=6,6 · 10^{-9} Зв/Бк – қызметкер үшін ^{222}Rn бойынша қызметкерлер үшінжылдық түсу шегі негізінде есептелген шартты дозалық коэффициент;

$Ср_{тұ}$, $Ср_{атм}$, $Ср_{жсо}$ – тұрғын үй-жайлардағы, атмосферадағы және тиісінше жұмыс орнындағы ^{222}Rn эквиваленттік тепе-теңдіктің көлемді белсенділігі;

0,2; 0,8 – көшеде және тиісінше үй-жайда болу уақытының үлесі.

^{220}Rn РРП түсуінен тиімді доза қызметкер үшін $g_{ЕЫӨ\ (қызм)} = 3 \cdot 10^{-8}$ Зв/Бк ^{220}Rn бойынша шартты дозалық коэффициенті 6 формуласы бойынша есептеледі.

Радионуклидтердің ингаляциялық жолмен түсуінен дозаларды есептеу тыныс алу мүшелерін қорғауы есепке алынбай жүргізілді. Дозаларды есептеу кезінде, сақтандыру тұрғысын есепке ала отырып, табу шегінен төмен орналасқан өлшеу нәтижелері бойынша көлемді белсенділік мәндері пайдаланылған өлшеу құралдарының шегіне теңестірілді.

5. ҚОСЫМША ИНЖЕНЕРЛІК ҚОРҒАУДЫ ҚҰРУ БОЙЫНША ЖҰМЫСТАРДЫ ЖҮРГІЗУ КЕЗІНДЕГІ РАДИАЦИЯЛЫҚ ПАРАМЕТРЛЕРДІ ӨЛШЕУ ДЕРЕКТЕРІ БОЙЫНША ЕСЕПТЕУ ӘДІСІМЕН ҚЫЗМЕТКЕРДІҢ ЖЕКЕ ДОЗАЛАРЫН БАҒАЛАУ

5.1. Сыртқы иондық сәулелену көздерінен алынған дозалар

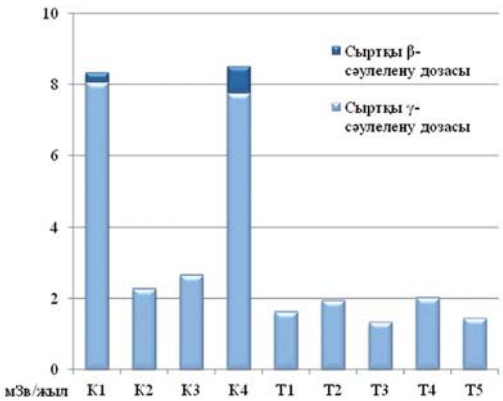
Қосымша қорғау құру бойынша жұмыстар вахталық әдіспен жүргізілді. Вахтадағы күндер саны өзгеріп отырды (вахтадағы күндердің максималды саны 25 күнге жетті). Сыртқы ИСК дозаларды есептеу әр вахта үшін радиациялық ахуал, жұмыс және демалыс уақытының өзгеру сипатын ескере отырып, вахта бойынша жұмыс және тұрғын аймақтағы тіркелген радиациялық параметрлердің максималды мәндері бойынша жүргізілді. Радиациялық параметрлердің аздаған өзгерістері кезінде вахта үшін дозалар есебі вахта кезеңіне максималды мәндер бойынша жүргізілді (сақтандырулық бағалау). Радиациялық параметрлердің күрт өзгерістері кезінде вахта кезеңіне есептеу кезінде радиациялық параметрлердің жоғары мәндері бар жұмыс күндері жеке есептелді. Жұмыс кезеңі үшін доза вахта үшін дозалардың жиынтығы ретінде есептелді. Бір жыл үшін дозаларды бағалау жұмыс кезеңі үшін жыл ағымындағы жұмыстардың жұмыс кезеңіндегі жағдайлардағыдай жүргізілгендігі туралы болжауға байланысты дозалар бойынша жүргізілді. Сыртқы ИСК дозаларды есептеу нәтижелері 5-суретте және кестеде берілген (2-кесте).

2-Кесте

Сыртқы сәулелену көздерінен дозаларды есептеу

Штольняның белгіленуі	Жұмыстардың ұзақтығы, күн	Жұмыс кезеңіндегі сыртқы ИСК жиынтық доза, мЗв	1 жылға сыртқы γ-сәуле шығару дозасы , мЗв/жыл	1 жылға сыртқы β-сәуле шығару дозасы , мЗв/жыл	1 жылға сыртқы ИСК жиынтық дозасы, мЗв/жыл
К1	140	3,2	8,06	0,27	8,3
К2	149	0,9	2,27	0,02	2,3
К3	160	1,2	2,65	0,02	2,7
К4	105	2,4	7,76	0,75	8,5
Т1	80	0,4	1,62	0,01	1,6

Штольняның белгіленуі	Жұмыстардың ұзақтығы, күн	Жұмыс кезеңіндегі сыртқы ИСК жиынтық доза, мЗв	1 жылға сыртқы γ-сәуле шығару дозасы , мЗв/жыл	1 жылға сыртқы β-сәуле шығару дозасы , мЗв/жыл	1 жылға сыртқы ИСК жиынтық дозасы, мЗв/жыл
Т2	86	0,5	1,94	0,01	2,0
Т3	72	0,3	1,33	0,01	1,3
Т4	95	0,5	2,02	0,02	2,0
Т5	42	0,2	1,44	0,01	1,5



5-Сурет. Сыртқы сәулелену көздерінен дозаларды есептеу

Жылдық дозаларды есептеу нәтижелері бойынша сыртқы ИСК максималды дозалар жұмыстарды көлденең әдіспен жүргізген кезде алынуы мүмкін екендігін көрсетті.

Сыртқы гамма- және бета-сәулеленуден дозаға қосылған үлесті бағалай отырып, жұмыстарды тік әдіспен жүргізген кезде барлық штольнялардағы сыртқы бета-сәулеленуден дозаға деген үлес өте аз екені көрінді, сол кезде жұмыстарды көлденең әдіспен жүргізгенде сыртқы бета-сәулеленуден дозаға деген үлес үлкен мөлшерге ие болуы мүмкін (6-сурет, 3-кесте).

а б

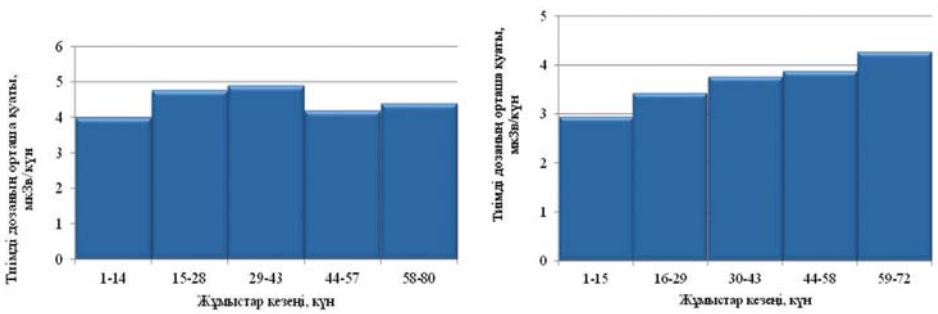
6-Сурет. а) Қорғаныш құрудың көлденең әдісі бар штольнялардағы,
б) қорғаныш құрудың тігінен әдісі бар штольнялардағы сыртқы гамма- және бета-сәулелену дозасына орташаланған үлес

3-Кесте

Сыртқы гамма- және бета-сәулеленуден дозаға үлес, %

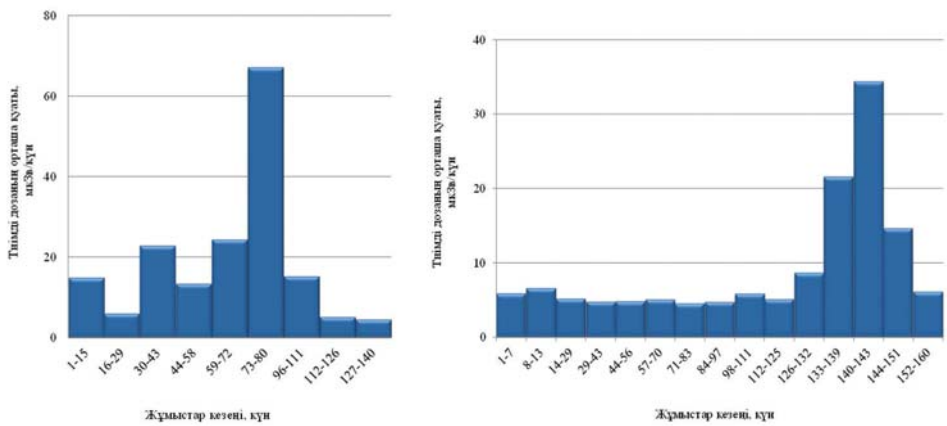
	К1	К2	К3	К4	Т1	Т2	Т3	Т4	Т5
Сыртқы гамма-сәулеленуден дозаға үлес	97	99	99	91	99	99	99	99	99
Сыртқы бета-сәулеленуден дозаға үлес	3	1	1	9	1	1	1	1	1

Дозаларды есептеу кезеңдері бойынша сыртқы ИСК дозалардың қалыптасуының талдамасы жұмыстың тік әдісі бар штольнялар үшін тиімді дозаның орташа қуатының өзгеруі жұмыстардың барлық кезеңі бойынша бір сипатты (7-сурет). Сыртқы ИСК дозалардың қалыптасуы жұмыстың көлденең әдісі бар штольнялар үшін бір сипатты емес, бұл кезде дозалардың негізгі қалыптасуы жұмыстың екінші жартысында жүзеге асады және жоғары радиациялық қауіппен сипатталатын қосымша қорғау құру бойынша жұмыстардың қорытынды кезеңіне байланысты болуы мүмкін (8-сурет).



а б

7-Сурет. Жұмыстарды жүргізудің тігінен әдісі бар штольнялардағы сыртқы ИСК дозаларды қалыптастыру, (а) Т1 штольнясы, (б) Т3 штольнясы



а б

8-Сурет. Жұмыстарды жүргізудің көлденең әдісі бар штольнялардағы сыртқы ИСК дозаларды қалыптастыру, (а) К1 штольнясы, (б) К3 штольнясы

5.2. Радионуклидтермен іштей сәулелену дозалары

5.2.1. ^{241}Am, $^{239+240}Pu$, $^{137}Cs+^{137m}Ba$, ^{3}H, ^{222}Rn және ^{220}Rn іштей сәулелену кезіндегі дозаларды есептеу

Радионуклидтердің ингаляциялық түсуінің салдарынан болған дозаларды есептеу ^{241}Am, $^{137}Cs+^{137m}Ba$, ^{3}H, ^{222}Rn және ^{220}Rn өлшенген мәндері бойынша жүргізілді. $^{239+240}Pu$ ингаляциялық түсуінің салдарынан болған дозаларды есептеу өлшенген мәндер негізінде де, сол сияқты әр штольня үшін $^{239+240}Pu/^{241}Am$ есептеп шығарылған арақатынасы бойынша есептелген деректер негізінде де жүргізілді. Радионуклидтердің ингаляциялық түсуінің салдарынан болған дозаларды есептеу сыртқы ИСК есептеуіне ұқсас жүргізілді. Есептеу әр вахта үшін радиациялық ахуал, жұмыс және демалыс уақытының өзгеру сипатын ескере отырып, вахта бойынша жұмыс және тұрғын аймақтарындағы тіркелген радиациялық параметрлердің максималды мәндері бойынша жүргізілді. Радиациялық параметрлердің аздаған өзгерістері кезінде вахта үшін дозалар есебі вахта кезеңіне максималды мәндер бойынша жүргізілді (кертартпа бағалау). Радиациялық параметрлердің күрт өзгерістері кезінде вахта кезеңіне есептеу кезінде радиациялық параметрлердің жоғары мәндері бар жұмыс күндері жеке есептелді. Жұмыс кезеңі үшін доза вахта үшін дозалардың жиынтығы ретінде есептелді. Бір жыл үшін дозаларды бағалау жұмыс кезеңі үшін жыл ағымындағы жұмыстардың жұмыс кезеңіндегі жағдайлардағыдай жүргізілгендігі туралы болжауға байланысты дозалар бойынша жүргізілді. Дозаларды есептеу нәтижелері кестеде берілген (4-кесте).

4-Кесте

Радионуклидтердің ингаляциялық түсуінен дозалар есебінің нәтижелері

Штольняның шартты белгісі	Жұмыстардың ұзақтығы, күн	Жұмыс кезеңіндегі ингаляциялық түсуден жиынтық доза, мЗв	1 жылға ингаляциялық түсуден жиынтық доза, мЗв/жыл
К1	140	13,9	36
К2	149	4,0	10
К3	157	19,4	44
К4	104	4,0	14
Т1	80	1,0	4
Т2	86	1,4	6
Т3	72	1,3	7
Т4	95	1,1	4
Т5	42	0,6	5

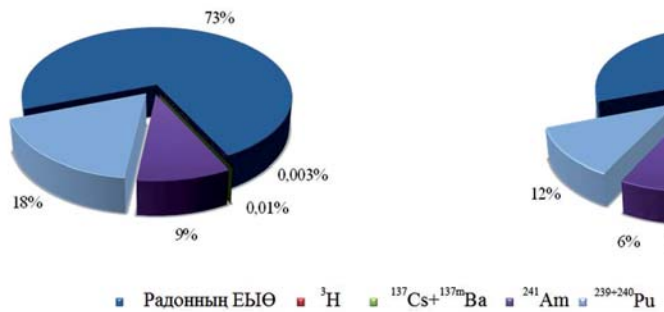
Әр түрлі радионуклидтердің дозаның қалыптасуына қосатын үлесінің талдамасы дозаға негізгі әсерді ^{222}Rn, ^{220}Rn, $^{239+240}Pu$ және ^{241}Am көрсететінін анықтады (5-кесте).

5-Кесте

Әр түрлі штольнялар үшін радионуклидтердің дозаның қалыптасуына қосатын үлесі, %

	К1	К2	К3	К4	Т1	Т2	Т3	Т4	Т5
Радонның ЕЫӨ	67	94	96	36	87	65	92	92	73
^{3}H	0,007	0,012	0,002	0,003	0,05	0,007	0,002	0,006	0,001
^{137}Cs+^{137m}Ba	0,0003	0,0009	0,002	0,02	0,002	0,008	0,0004	0,0002	0,002
^{241}Am	12	2	1	22	5	12	3	3	9
$^{239+240}$Pu	22	4	3	42	9	23	5	5	17

Жұмыстарды жүргізудің көлденең және тігінен әдістері бар штольнялар үшін әр түрлі радионуклидтердің дозаның қалыптасуына қосатын орташаланған үлесін есептеу жүргізілді (9-сурет).



а б

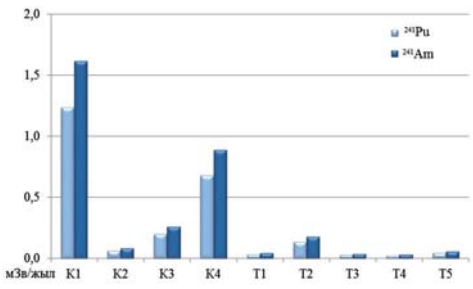
9-Сурет. а) Қорғаныш құрудың көлденең әдісі бар штольнялардағы,
б) қорғаныш құрудың тік әдісі бар штольнялардағы әр түрлі радионуклидтердің дозаның қалыптасуына орташаланған үлесі

Әр түрлі радионуклидтердің дозаның қалыптасуына қосатын орташаланған үлесінің талдамасы қосымша инженерлік қорғау құру бойынша жұмыстарды жүргізудің түрлі әдістері бар штольнялар үшін дозалардың қалыптасу механизмі ұқсас екендігін көрсетті.

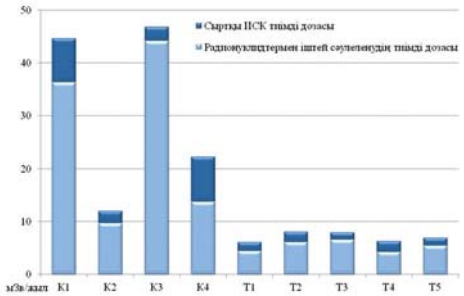
5.2.2. ^{241}Pu түсуі салдарынан болған жеке дозаларды бағалау

^{241}Pu/$^{239+240}$Pu арақатынасының зерттеудің бір нысанына арналған топырақ және ауа аэрозолдары үшін өзгеріссіз болатынын болжай отырып, $^{239+240}$Pu тиесілі белсенділігін өлшеу нәтижелері бойынша ^{241}Pu түсуінен дозаларды бағалауға болады.

ҚР ҰЯО РҚЭИ жүргізілген зерттеу жұмыстарының нәтижелері бойынша ^{241}Pu/$^{239+240}$Pu арақатынасы әр штольня үшін 1,7-ден 130 дейін құбылатыны белгілі, яғни $^{239+240}$Pu тиесілі белсенділігінің деректері бойынша ^{241}Pu тиесілі белсенділігін қайта есептеудің сәйкестендірілген коэффициентін пайдалануға болмайды. Алайда ^{241}Pu түсуі салдарынан болған дозалардың қалыптасуына болжамды үлесті бағалау үшін Т1 штольнясы үшін анықталған ^{241}Pu/$^{239+240}$Pu (3,5) белгілі арақатынасы бойынша барлық қарастырылатын штольняларға арналған дозаларды есептеу жүргізілді. ^{241}Pu түсуі салдарынан болған дозалардың алынған мәндері және олардың ^{241}Am түсуі салдарынан болған дозалармен салыстырмалы талдамасы гистограммада берілген (10-сурет).



10-Сурет. ^{241}Pu және ^{241}Am іштей түсуі салдарынан әр түрлі штольняларға арналған дозалардың қалыптасуына үлес



11-Сурет. Жиынтық тиімді дозалардың есебі

^{241}Pu және ^{241}Am іштей түсуінен алынған дозаларды салыстыру нәтижелері бойынша ^{241}Pu/$^{239+240}$Pu (3,5) тіпті салыстырмалы аздаған мәндері кезінде ^{241}Pu дозаларды ^{241}Am дозаларымен салыстыруға болады деген қорытынды жасауға болады. Аталған арақатынас мәндерінің аталған уақыттағы «Дегелең» алаңында максималды тіркелген (130) дозаға дейін жоғарылау жағдайында ^{241}Pu іштей түсуі дозасы ^{241}Am түсуінен алынған дозалардан көп асады.

5.2.3. Басқа изотоптардың түсуі салдарынан қызметкерлердің жеке дозасына үлесін бағалау

Штольня аумағында және іргелес телімдерде көп шоғырлану арқылы ластануы бар, бірақ олардың ауадағы көлемді белсенділігі өлшенбеген (^{90}Sr+^{90}Y, ^{121}Sn-m, ^{151}Sm, ^{155}Eu, ^{99}Tc, ^{238}Pu, ^{242}Pu) радионуклидтердің іштей түсуінен дозалардың қалыптасуына қосылатын үлесті бағалау үшін штольнялардағы сынақтар туралы бастапқы деректер негізінде осы уақыттағы олардың және жұмыстарды жүргізу кезінде ауадағы көлемді белсенділігі туралы деректері бар радионуклидтердің (^{241}Am және ^{137}Cs+^{137m}Ba) арақатынасы анықталды. Аталған арақатынастар бойынша ^{90}Sr+^{90}Y, ^{121}Sn-m, ^{151}Sm, ^{155}Eu, ^{99}Tc, ^{238}Pu, ^{242}Pu болжамды көлемді белсенділігін есептеу жүргізілді. Радионуклидтердің ауадағы белсенділігін есептеу әр штольня үшін ^{241}Am және ^{137}Cs ауадағы көлемді белсенділігінің өлшенген максималды мәндері бойынша жүргізілді. Дозаларды есептеу сақтандыру тұрғысынан, радионуклидтердің жыл ағымында үнемі түсуінің максималды болжамды шоғырлануы есепке ала отырып жүргізілді.

Жылдық дозаларды есептеу нәтижелері кестелерде ұсынылған (6-кесте, 7-кесте).

6-Кесте

^{137}Cs+^{137m}Ba өлшенген мәндері негізінде дозалардың есептік мәндері , мЗв/жыл

	К1	К2	К3	К4	Т1	Т2	Т3	Т4	Т5
^{90}Sr+^{90}Y	$8{\cdot}10^{-3}$	$7{\cdot}10^{-3}$	$3{\cdot}10^{-1}$	$3{\cdot}10^{-1}$	$8{\cdot}10^{-3}$	$8{\cdot}10^{-3}$	$5{\cdot}10^{-3}$	$7{\cdot}10^{-3}$	$4{\cdot}10^{-3}$
^{99}Tc	$1{\cdot}10^{-5}$	$8{\cdot}10^{-6}$	$4{\cdot}10^{-4}$	$3{\cdot}10^{-4}$	$9{\cdot}10^{-6}$	$1{\cdot}10^{-5}$	$6{\cdot}10^{-6}$	$8{\cdot}10^{-6}$	$5{\cdot}10^{-6}$
^{155}Eu	$5{\cdot}10^{-7}$	$4{\cdot}10^{-7}$	$2{\cdot}10^{-5}$	$2{\cdot}10^{-5}$	$5{\cdot}10^{-7}$	$5{\cdot}10^{-7}$	$3{\cdot}10^{-7}$	$4{\cdot}10^{-7}$	$3{\cdot}10^{-7}$

	К1	К2	К3	К4	Т1	Т2	Т3	Т4	Т5
^{121m}Sn	$3\cdot10^{-7}$	$3\cdot10^{-7}$	$1\cdot10^{-5}$	$1\cdot10^{-53}$	$3\cdot10^{-7}$	$3\cdot10^{-7}$	$2\cdot10^{-7}$	$3\cdot10^{-7}$	$2\cdot10^{-7}$
^{151}Sm	$5\cdot10^{-5}$	$4\cdot10^{-5}$	$2\cdot10^{-3}$	$1\cdot10^{-3}$	$5\cdot10^{-5}$	$5\cdot10^{-5}$	$3\cdot10^{-5}$	$4\cdot10^{-5}$	$2\cdot10^{-5}$
Жиынтық доза	$8\cdot10^{-3}$	$7\cdot10^{-3}$	$3\cdot10^{-1}$	$3\cdot10^{-1}$	$8\cdot10^{-3}$	$8\cdot10^{-3}$	$5\cdot10^{-3}$	$7\cdot10^{-3}$	$4\cdot10^{-3}$

7-Кесте

^{241}Am өлшенген мәндері негізінде дозалардың есептік мәндері , мЗв/жылыны

	К1	К2	К3	К4	Т1	Т2	Т3	Т4	Т5
^{242}Pu	$2\cdot10^{-2}$	$1\cdot10^{-3}$	$1\cdot10^{-3}$	$7\cdot10^{-3}$	$2\cdot10^{-4}$	$1\cdot10^{-3}$	$1\cdot10^{-4}$	$5\cdot10^{-4}$	$7\cdot10^{-4}$
^{238}Pu	$2\cdot10^{1}$	$1\cdot10^{0}$	$1\cdot10^{0}$	$7\cdot10^{0}$	$2\cdot10^{-1}$	$1\cdot10^{0}$	$1\cdot10^{-1}$	$5\cdot10^{-1}$	$7\cdot10^{-1}$
Жиынтық доза	$2\cdot10^{1}$	$1\cdot10^{0}$	$1\cdot10^{0}$	$7\cdot10^{0}$	$2\cdot10^{-1}$	$1\cdot10^{0}$	$1\cdot10^{-1}$	$5\cdot10^{-1}$	$7\cdot10^{-1}$

Есептеулер нәтижесі көрсеткендей, іштей түсуінен дозалардың қалыптасуына келесі радионуклидтер – ^{90}Sr+^{90}Y және ^{238}Pu көбірек әсер етеді. Радионуклидтердің үнемі түсуі кезіндегі жылдық дозалардың максималды мәндері ^{90}Sr+^{90}Y – 0,3 мЗв/жыл, ^{238}Pu – 20 мЗв/жыл (осындай жағдайлар кезінде ^{241}Am түсуінен доза 25 мЗв/жыл, ^{137}Cs+^{137m}Ba түсуінен - $4\cdot10^{-4}$мЗв/жыл құрайды) құрады.

Сонымен, ^{238}Pu үлесін елемеуге болмайды, өйткені оның дозалардың қалыптасуына қосқан үлесін ^{241}Am үлесімен салыстыруға болады.

^{90}Sr+^{90}Y, ^{121}Sn-m, ^{151}Sm, ^{155}Eu, ^{99}Tc ішкі түсуінен дозаларға жиынтық үлес сақтандыру бағалауы бойынша 0,5 мЗв/жыл аспайды, бұл кезде бұл дозаның 99% ^{90}Sr+^{90}Y түсуімен қалыптасқан.

6. КҮТІЛЕТІН ЖИЫНТЫҚ ТИІМДІ ДОЗАЛАР

Жұмыс кезеңі үшін және бір жыл үшін жиынтық тиімді дозаларды есептеу кестеде берілген (8-кесте, 11-кесте).

8-Кесте

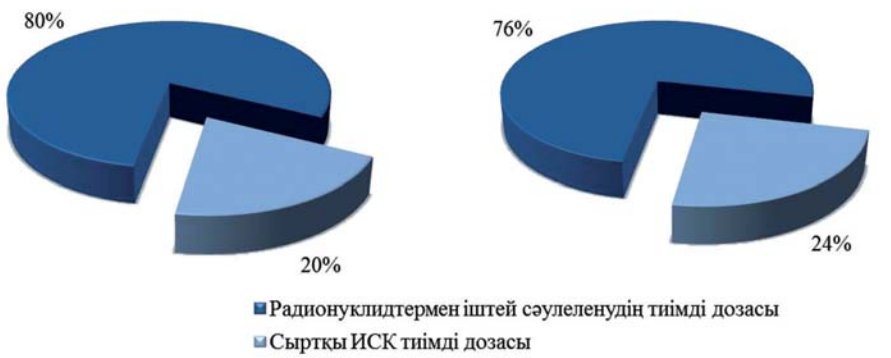
Жиынтық тиімді дозаларды есептеу

Штольняның шартты белгісі	Жұмыс кезеңіндегі ингаляциялық түсуден жиынтық доза, мЗв	Ингаляциялық түсуден жылдық жиынтық доза, мЗв/жыл	Жұмыс кезеңіндегі сыртқы ИСК жиынтық доза, мЗв	Жұмыс кезеңіндегі сыртқы ИСК жылдық жиынтық доза, мЗв/жыл	Жұмыс кезеңіндегі жиынтық тиімді доза, мЗв	Жұмыс кезеңіндегі жылдық жиынтық тиімді доза, мЗв/жыл
К1	13,9	36	3,2	8,3	17,1	44,3
К2	4	10	0,9	2,3	4,9	12,3
К3	19,4	44	1,2	2,7	20,6	46,7
К4	4	14	2,4	8,5	6,4	22,5
Т1	1	4	0,4	1,6	1,4	5,6
Т2	1,4	6	0,5	2	1,9	8,0

Штольня-ның шартты белгісі	Жұмыс кезеңіндегі ингаляциялық түсуден жиынтық доза, мЗв	Ингаляция-лық түсуден жылдық жиынтық доза, мЗв/жыл	Жұмыс кезеңіндегі сыртқы ИСК жиынтық доза, мЗв	Жұмыс кезеңін-дегі сыртқы ИСК жылдық жиынтық доза, мЗв/жыл	Жұмыс кезеңіндегі жиынтық тиімді доза, мЗв	Жұмыс кезеңіндегі жыл-дық жиынтық тиімді доза, мЗв/жыл
Т3	1,3	7	0,3	1,3	1,6	8,3
Т4	1,1	4	0,5	2	1,6	6,0
Т5	0,6	5	0,2	1,5	0,8	6,5

Қосымша инженерлік қорғау құру бойынша жұмыстар үшін тиімді дозаларды есептеу жұмыстардың көлденең әдісі арқылы жүргізілген кезде де алынуы мүмкін жылдық дозалар жұмыстардың тігінен әдісі арқылы жүргізілген кездегі дозалардан көп артық екенін көрсетті. Тыныс алу мүшелерінің жеке қорғаныс құралдарын пайдаланбай 3 жыл ішінде жұмыстарды жүргізу (К1 және К2 штольняларына ұқсас жағдайларда) қызметкерлердің артық сәулеленуіне (кез келген кейінгі 5 жыл үшін рауалы 100 мЗв кезінде 3 жыл ішінде 132-138 мЗв) әкелуі мүмкін.

Жұмыстарды жүргізудің көлденең және тігінен әдістері бар штольнялар үшін сыртқы ИСК және радионуклидтердің ішкі түсуінен дозалардың қалыптасуына орташаланған үлесті есептеу жүргізілді (12-кесте, 9-кесте).



а б

12-Сурет. а) Қорғаныш құрудың көлденең әдісі бар штольнялардағы, б) қорғаныш құрудың тік әдісі бар штольнялардағы сыртқы ИСК және радионуклидтердің іштей түсуінен дозалардың қалыптасуына орташаланған үлес

9-Кесте

Сыртқы ИСК және радионуклидтердің іштей түсуінен дозалардың қалыптасуына қосылатын үлес, %

	К1	К2	К3	К4	Т1	Т2	Т3	Т4	Т5
Сыртқы гамма-сәулеленуден дозаға үлес	81	81	94	62	73	76	83	68	79
Сыртқы бета-сәулеленуден дозаға үлес	19	19	6	38	27	24	17	32	21

Сыртқы ИСК және радионуклидтердің іштей түсуінен дозалардың қалыптасуына қосылатын үлесті есептеудің нәтижелері бойынша негізгі дозалардың қалыптасуы қосымша қорғау құрудың көлденең әдісі кезінде де, сол сияқты тігінен әдісі кезінде де ішкі түсуі есебінен жүзеге асады деген қорытынды жасауға болады.

«Дегелең» алаңы штольняларындағы қосымша инженерлік қорғау құру бойынша жұмыстар тыныс алу мүшелерінің жеке қорғаныс құралдарын міндетті түрде пайдалану арқылы жүргізіледі. Жылдық тиімді дозаларды есептеу пайдаланылатын жеке қорғаныс құралдарының шекті рауалы шоғырлануы әлсізденуінің минималды қайталануы 10-ға тең деп алынып жүргізілді (10-кесте).

10-Кесте

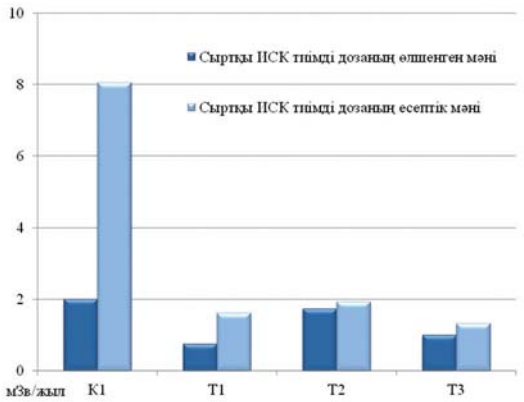
Пайдаланылатын жеке қорғаныс құралдарын есепке ала отырып жиынтық тиімді дозаларды есептеу, мзв/жыл

Штольняның шартты белгісі	Ингаляциялық түсуден жиынтық доза	Сыртқы ИСК жиынтық доза	Жиынтық тиімді доза
К1	3,6	8,3	11,9
К2	1	2,3	3,3
К3	4,4	2,7	7,1
К4	1,4	8,5	9,9
Т1	0,4	1,6	2
Т2	0,6	2	2,6
Т3	0,7	1,3	2
Т4	0,4	2	2,4
Т5	0,5	1,5	2

Пайдаланылатын жеке қорғаныс құралдарын есепке ала отырып, жиынтық тиімді дозаларды есептеу нәтижелері бойынша қосымша инженерлік қорғау құру жөніндегі жұмыстарды жүргізу кезінде қарастырылған штольнялардағы алуға болатын максималды дозалар А санатты қызметкерлер үшін рауалы мәндерден (20 мЗв/жыл) асқан жоқ деген қорытынды жасауға болады.

7. СЫРТҚЫ ИСК ӨЛШЕНГЕН ДОЗАЛАРДЫ ЕСЕПТІК ДОЗАЛАРМЕН САЛЫСТЫРУ

Сыртқы ИСК дозалардың есептік мәндері кейбір штольнялар үшін сыртқы ИСК дозалардың өлшенген мәндерімен салыстырылған болатын. Дозаларды өлшеу термолюминесцентті дозиметрлерді пайдалану арқылы жүргізілді. Салыстыру нәтижелері гистограммада ұсынылған (13-сурет).



13-Сурет. Сыртқы ИСК өлшенген дозаларды есептік дозалармен салыстыру

Гистограммадан көретініміз, сыртқы көздерден дозалардың есептік мәндері қосымша қорғау құрудың тігінен әдісі кезінде көптеген жағдайларда іс жүзінде өлшенген мәндерге сәйкес келеді, бұл кезде қосымша қорғау құрудың көлденең әдісі кезіндегі өлшенген мән есептік мәннен 4 есе аз. Аталған факт қорғау құрудың түрлі әдістері кезінде жұмыстарды жүргізу орындарындағы радиациялық ахуалдың өзгеру сипатымен түсіндіріледі:

- қорғау құрудың тік әдісі кезіндегі радиациялық ахуалдың өзгеруі бірқалыпты сипатты, дозалардың сыртқы ИСК қалыптасуына әсер ететін радиациялық параметрлер мәндері уақыт өте келе іс жүзінде өзгермейді;
- қорғау құрудың көлденең әдісі кезіндегі радиациялық ахуалдың өзгеруі қалыпсыз сипатты, радиациялық параметрлер мәндері уақыт өте келе 2 ретке дейінгі аралықта өзгереді.

Дозаларды есептеу сақтандыру тұрғысынан, яғни адам үнемі радиациялық параметрлердің максималды мәндері бір орында болады деп болжап, радиациялық ахуалдың өзгеру сипатын ескере отырып жүргізілгендіктен, қорғау құрудың көлденең әдісі кезіндегі сыртқы ИСК дозалардың есептік мәні дозалардың өлшенген мәнінен көп асатын болады, бұл кезде қорғау құрудың тігінен әдісі кезіндегі дозалардың есептік мәні өлшенген мәндерге салыстырмалы болады.

ҚОРЫТЫНДЫ

1. Сыртқы ИСК дозаларды бағалау кезінде қорғау құрудың көлденең әдісімен штольнялардағы жұмыс кезіндегі сыртқы бета-сәулеленушілер қосатын үлесті ескеру қажет.
2. Қорғау құрудың көлденең әдісі кезінде сыртқы ИСК негізгі доза тікелей қосымша қорғау құруға байланысты және жоғары радиациялық қауіппен сипатталатын жұмыстардың қорытынды кезеңін жүргізу уақытында қалыптасады.

3. Радионуклидтердің ішкі түсуінен дозалардың қалыптасу механизмі қосымша қорғау құрудың көлденең әдісі үшін де, сондай-ақ тігінен әдісі үшін де бірдей.
4. Радионуклидтердің ішкі түсу дозаларын бағалау кезінде $^{137}Cs+^{137m}Ba$ және ^{3}H әсерін елемеуге болады, өйткені олардың үлесі жалпы дозаның 0,01% аспайды.
5. Радионуклидтердің ингаляциялық түсуінен дозаларға көп әсер ететіні - ^{222}Rn және ^{220}Rn табиғи радионуклидтері. Алайда ^{241}Am және $^{239+240}Pu$ сияқты техногенді радионуклидтердің ингаляциялық түсуінің дозалардың қалыптасуына әсерін елемеуге болмайды.
6. ^{241}Am ауадағы көлемді белсенділігінің өлшенген мәндері бойынша есептік әдіс $^{239+240}Pu$ ішкі түсуі кезіндегі дозаларды бағалаудың аса жедел және үнемге пайдалы тәсілі болып табылады.
7. Қосымша инженерлік қорғау құру бойынша жұмыстарды жүргізу кезінде ^{241}Pu үлесін ескеру қажет. ^{241}Pu үлесін ^{241}Am өлшенген мәндері бойынша есептік жолмен ескеруге болады, бұл үшін алдын ала тексеру кезіндегі $^{241}Pu/^{241}Am$ арақатынастарын есептеу үшін топырақ сынамасындағы ^{241}Pu өлшеу жүргізу қажет.
8. Ішкі сәулеленуден дозаны нақтырақ бағалау үшін ^{241}Am табу шегін төмендету қажет (аспирация уақытын жоғарылату жолы арқылы, сынамаларды дайындауды өзгерту немесе жұмыс аяғында жұмыстардың барлық кезеңі үшін орташа көлемді белсенділікті есептеп шығарумен барлық сүзгіштерді өлшеу арқылы).
9. Радионуклидтердің ішкі түсу дозаларын бағалау үшін ^{238}Pu үлесін ескеру қажет, өйткені оның дозаға үлесі азғантай. Дозаға ^{238}Pu үлесін ^{241}Am өлшенген мәндері бойынша есептік жолмен ескеруге болады, бұл үшін алдын ала тексеру кезінде $^{238}Pu/^{241}Am$ арақатынастарын есептеу үшін топырақ сынамасындағы ^{238}Pu өлшеу жүргізу қажет.
10. Жүйелік қателік жібермеу үшін дозаларды бағалау кезінде $^{90}Sr+^{90}Y$ ішкі түсуінен қосылатын үлесті ескеру қажет.

Қызметкердің қайта сәулеленуін болдырмау мақсатында «Дегелең» алаңы штольняларындағы қосымша инженерлік қорғау құру бойынша жұмыстарды жүргізу кезіндегі радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз етуді оңтайландыру бойынша ұсыныстар

1. $^{137}Cs+^{137m}Ba$ және ^{3}H радионуклидтерінің ішкі түсуінен дозаларды бағалау үшін үлгілерді іріктеп алудың бөлшігін аптасына 1 ретке дейін төмендету қажет.
2. $^{239+240}Pu$ және ^{241}Pu ішкі түсуінен дозаларды өте жедел бағалау үшін $^{239+240}Pu$ және ^{241}Pu ауадағы болжамды көлемді белсенділігін ауадағы ^{241}Am көлемді белсенділігінің өлшенген мәндері бойынша есептеу жүргізу қажет.
3. Алдын ала тексеру кезінде $^{239+240}Pu/^{241}Am$, $^{241}Pu/^{241}Am$, $^{238}Pu/^{241}Am$ арақатынастарын есептеу үшін топырақ сынамаларындағы $^{239+240}Pu$ және ^{241}Pu өлшеу жүргізу қажет.
4. Көлденең әдіспен қорғау құру кезінде $^{239+240}Pu/^{241}Am$, $^{241}Pu/^{241}Am$ және $^{238}Pu/^{241}Am$ арақатынастары штольняға терең кірген сайын өзгеруі мүмкін,

басты кезеңдерді (тығынды ашу, соңғы қуысты ашу) өту кезінде аталған арақатынастарды қайталап анықтауды жүргізу қажет.

5. Ішкі сәулеленуден дозаларды нақтырақ бағалау үшін іріктеп алынатын сынамалардың көлемін 1000 м^3 дейін ұлғайту арқылы ^{241}Am бойынша табу шегін төмендету қажет.
6. ^{90}Sr+^{90}Y ішкі түсуінен дозаларды бағалауды аспапты әдіспен олардың көлемді белсенділігін анықтау арқылы жүргізу қажет.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. Сыртқы иондық сәулелену көздерінен кәсіби сәулеленуді бағалау. Қауіпсіздік жөніндегі нұсқаулық. Қауіпсіздік нормаларының сериясы, №RS-G-1.3, АТЭ-ХАГ, Вена, 1999.- 102б.
2. *В.П.Машкович.* Иондық сәулеленуден қорғану/Анықтамалық. М.: Энергоатом баспасы, 1982.
3. Әдістемелік нұсқаулықтар. Табиғи иондық сәулелену көздері есебінен тұрғындардың жеке тиімді сәулелену дозаларын бағалау МУ 2.6.1.1088-2. Ресей Федерациясы Денсаулық сақтау министрлігі, 2002 ж.
4. Радионуклидтердің түсуі салдарынан кәсіби сәулеленуді бағалау/ Қауіпсіздік жөніндегі нұсқаулық. Қауіпсіздік нормалары сериясы, №RS-G-1.2, АТЭ-ХАГ, Вена, 1999.- 97б.
5. Зиянды химиялық заттектер. Радиоактивті заттектер/Анықтамалық Л.А.Ильиннің ред. Л.: Химия, 1990 ж.- 225 б.
6. Әдістемелік нұсқаулықтар. Қызметкерге және тұрғындарға арналған иондық сәулеленудің тиімді дозасын анықтау, Алматы 2005 ж.- 14 б.
7. Радиациялық қауіпсіздік нормалары (РҚН-99), СП 2.6.1. 758-99 Ресми басылым. – Алматы, 2000.- 80б.
8. *Н.Г.Гусев.* Биосферадағы радиоактивті шығарындылар/Анықтамалық / В.А.Беляев – М.: Энергоатом баспасы, 1986.

ФОРМИРОВАНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ДОЗ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РАБОТ ПО СОЗДАНИЮ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА ШТОЛЬНЯХ ПЛОЩАДКИ «ДЕГЕЛЕН»

Е.В. Мустафина, В.Н. Дмитропавленко, А.Ю. Осинцев, Н.В. Брянцева

В статье представлены результаты расчетов индивидуальных доз персонала при проведении работ по созданию дополнительной защиты инженерных сооружений на штольнях площадки «Дегелен». Определены основные факторы, влияющие на формирование индивидуальных доз при проведении работ, проведен расчет дозовых нагрузок на персонал от внешних источников ионизирующего излучения и вследствие ингаляционного поступления радионуклидов, разработаны рекомендации по оптимизации процесса обеспечения радиационной безопасности при проведении работ по сооружению дополнительной инженерной защиты.

Ключевые слова: полигон, «Дегелен», радионуклиды, защита инженерных сооружений, штольня, радиационная обстановка, радиационные параметры, формирование доз, внешнее облучение, внутреннее облучение.

INDIVIDUAL DOSE FORMATION AT WORKS ON SUPPLEMENTARY PROTECTION OF ENGINEERING STRUCTURES IN TUNNELS OF "DEGELEN" TEST SITE

E.V. Mustafina, V.N. Dmitropavlenko, A.Yu. Ossintsev, N.V. Bryantseva

The article reports on calculated individual doses gained by personnel involved in creation of supplementary protection for engineering structures in tunnels of "Degelen" test site. The main factors that contribute to individual doses gained during these works have been determined; we have calculated the dose loads on personnel from external sources of ionizing radiation and due to inhalation of radionuclides. Recommendations for optimization of radiation safety assurance at construction of additional engineering protection have been developed.

Key words: test site, «Degelen», radionuclides, protection of engineering structures, tunnel, radiological situation, radiological parameters, dose formation, external irradiation and exposure, internal irradiation.

УДК 577.4: 504.064:539.16

ҚАРАЖАЛ ФЛЮОРИТТІ КЕНОРНЫНЫҢ АУМАҒЫНДАҒЫ РАДИОЭКОЛОГИЯЛЫҚ ХАЛ-АХУАЛ

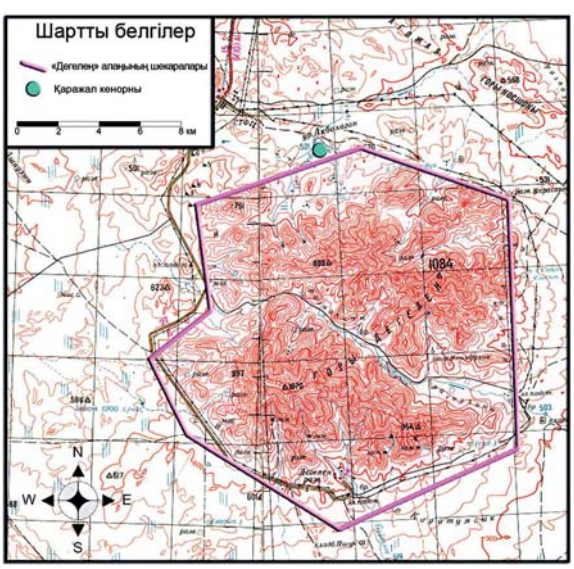
А.О. Айдарханов, С.Н. Лукашенко, С.Б. Субботин, В.И. Эдомин

Осы жұмыста Семей сынақ полигонындағы жерасты ядролық жарылыстары жүргізілген орынға тікелей жақын орналасқан Қаражал флюорит кен орнының аумағындағы көп жылғы радиоэкологиялық зерттеу деректері берілген. Кенорнының аумағындағы жерүстіндегі радионуклидтердің күндізгі техногенді құрамы, негізінен көп мөлшердегі түсулерге байланысты. Топырақтағы, ауадағы, кен орнының өнімдеріндегі радиациялық параметрлер мәнінің, радионуклидтер құрамының қауіпі жоқ. Жабдықтардың, көлік құралдарының, қызметкерлер тұратын жайлардың радиоактивті ластануы тіркелмеген. Кенорны шекарасына тритийдің араласу деңгейінен көп есе жоғары шоғырлануымен ластанған жерасты суларының түсуі негізгі келелі мәселе болып табылады. Сондай-ақ жерасты суларында ^{137}Cs және ^{90}Sr радионуклидтері болуының іздері байқалған. Кенорнының ары қарайғы әзірленуі кезінде карьерге осы радионуклидтердің түсуінің ұлғаюы мүмкін. Кенорнындағы радиациялық жағдайдың шынайы болжауын алу мақсатында бақылау ұңғымалары желісін құру бойынша ұсыныстар берілді.

Түйін сөздер: кен орны, "Дегелең" алаңы, гидрогеология, радионуклидті ластану, мониторинг, жерасты ядролық жарылыстары.

КІРІСПЕ

Осы жұмыста Семей сынақ полигонындағы (ССП) жерасты ядролық жарылыстары (ЖЯЖ) жүргізілген орындардың бірі – «Дегелең» сынақ алаңының солтүстік шекарасына тікелей жақын орналасқан (1-сурет) Қаражал флюорит кенорнының аумағындағы көп жылғы радиоэкологиялық зерттеу деректері берілген [1].



1-Сурет. «Дегелең» сынақ алаңына қатысты Қаражал кенорнының орналасқан жері

1. КЕНОРНЫ ЖАЙЛЫ ЖАЛПЫ МАҒЛҰМАТТАР

1.1. Ауданның физика-географиялық сипаттамасы

Қаражал кенорны Шығыс-Қазақстан облысының аумағында, Семей қаласынан оңтүстік-батысқа қарай 170 км, Курчатов қаласынан оңтүстік-батысқа қарай 120 км қашықтықта бұрынғы ССП аумағында орналасқан.

Кенорнының аумағында ел қоныстанбаған десе болады. Жақын деген Саржал елді мекені кенорнынан оңтүстік-шығысқа қарай 60 км арақашықтықта орналасқан. 6 км аралықта Курчатов қаласымен байланыстыратын «Дегелең» сынақ алаңына апаратын қатты жамылғысы бар жол өтеді.

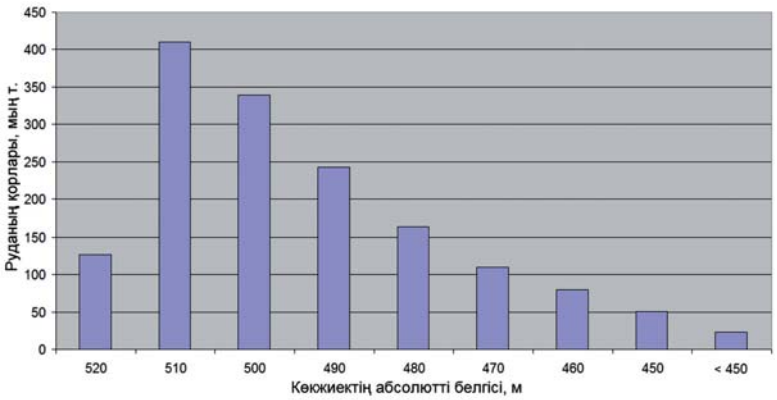
Климаты шұғыл континенталды, кеберсіген, жел өті белсенді. Белсенді жел қызметі әсерінен су көп кебеді, ал суық кезде тегістелген телімдерде қар тегіс таралады. Қар таулы аймақтың ықтарында, бұталар қалың өскен жерлерде көптеп жиналады. Судың беткі қабатындағы будың көлемі жылына 1100 – 1600 мм-ге жетеді.

1.2. Кенорнының геологиялық құрылымы

Қаражал кенорнының негізгі ерекшелігі, оның Дегелең гранитті массивінің байланысқан аймағындағы күйі, ол палеозойлық жасының шөгінділік және эффузивті жыныстарына байланыстық әсер етуінде. Кенорнына қатысты солтүстік-батыс жазығындағы рудалы аймақтың бедері, оңтүстіктен солтүстікке қарай ағатын кішігірім ғана Қарабұлақ бұл. арнасы өтетін, кенорнының ортасына жалпы еңісті көлбеу-белесті жазықты болып табылады.

Қаражал флюоритті телімі Дегелең массивінің солтүстік эндобайланысында граниттердің арасында шөгінділік жыныстардың қалдықтарынан түзілген. Аталған қалдықты түзетін жыныстар, граниттердің байланысу әсерінен қарқынды түрде метаморфизденген және қиын метасоматикалық қайта жаңарған, сонымен қатар фамендік кен қабаттары карбонатты шөгінділер ретінде келтірілген. Өндірістік рудаландыру 64 кварц-флюоритті рудалық денелермен берілген, оның ішінде 19-ы кенорнының негізгі қорларын құнарландырады (92 %). Руда денелері 10–80 м арақашықтықта көрініс алады және граниттер мен мәрмәрларға жақындаған сайын осы жыныстардың байланысын сәл ғана кесе отырып азайып жіңішкереді.

Қазақстан Республикасының қорлары бойынша Мемлекеттік комиссиямен бекітілген С1+С2 санат бойынша балансты рудалардың қорлары, балқымалы шпатының орташа құрамы 49,94 % болған жағдайда 1545,6 мың т құрайды. Тереңдік бойынша қорлар тегіс таралмаған – олардың негізгі бөлігі 30 см дейінгі тереңдікте жатыр (2-сурет).



2-Сурет. Жобаландыруға қабылданған Қаражал кенорнының рудаларының қорын тереңдік бойынша бөлу

1.3. Ауданның гидрографиясы және гидрогеологиясы

Қаражал кенорнының гидрологиялық жағдайы орталық-қазақстандық ұсақ шоқылы аумақтарға ұқсас: атмосфералық жауын-шашынның аз мөлшері (170–460 мм жылына, орташа көп жылдық – 263 мм, су көп келген жылдары – 382 мм, су аз жылдары – 221 мм), жауын-шашындардың буларының басым болуы, беткі су ағындарының маусымдық ағысы жыл сайын бақыланбайды. Беткі ағынның көп бөлігі қар еріген кезеңде – сәуір-мамыр айларында өтеді.

Дегелең таулы массиві Ертіс бұлағының сол жақ жағалауының аймақтық гидрогеологиялық жүйесінің құрамына енеді және атмосфералық жауын-шашындардың сүзгіленуі есебінен жерасты суларының транзиті мен қоректену саласы болып табылады. Бұдан басқа, бұлақтар арқылы сулы көкжиектерді біртіндеп жүктемелеу орын алып тұрады. Массивтің шегінде қуыстық, сызаттық және желілік жерасты сулары көрініс алады.

Делювиалды-пролювиалды шөгінділердің қуыстық сулары құмды-сазды толтырылған қиыршық тасты жыныстармен, олар ішкітаулы шлейфті конустармен қиысқан, сонымен қатар таулы массивті көркемдейтін тауасты шлейфімен сабақтастырылған. Олар қой тасты-малта тастардың және құмдардың арасында орналасқан Ұзынбұлақ, Қарабұлақ, Байтілес, Тоқтакүшік және басқа бұлақтардың жақсы өндірілген жазықтары толықтырады. Қуыстық сулардың орналасқан тереңдігі маусымдық гидрометеорологиялық жағдайларға байланысты. Көктемгі қар еріген кезеңде және ағыл-тегіл жауған жазғы жауындардың әсерінен олардың деңгейлері жоғарылайтыны соншалық, ол жерде маусымдық бұлақтар пайда бола бастайды. Құрғақ кезеңде деңгей 2-6 м-ге дейін, ал тау етегіндегі шлейфтерде 10–12 м-ге дейін төмендейді. Бұл сулардың қоректенуі аэрация аймағы арқылы атмосфералық жауын-шашынның инфильтрациясы есебінен іске асады.

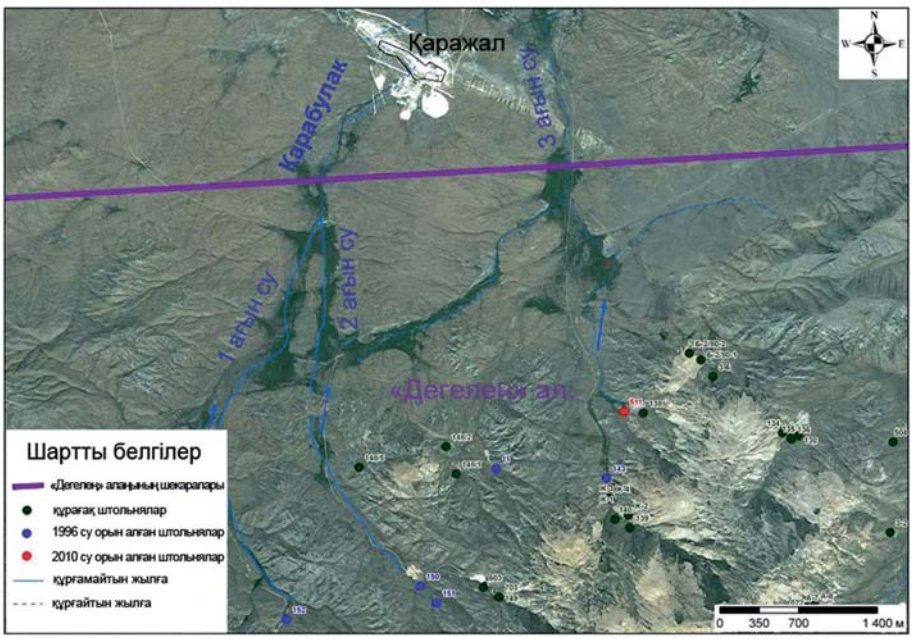
Сызаттық сулар палеозойлық іргетастың үстіңгі бөлігіндегі экзогенді сызатты аймағына сабақтастырылған, кейбір жазықтықтарда неоген саздарымен бекітілген, соның есебінен тегеурінді сипаттас. Кейбір жағдайларда тегеуріннің биіктігі жергілікті

жердің абсолюттік белгісінен жоғары, соның есебінен ұңғымалардың өздігінен құйылуына алып келеді (Байтілес бұлағының жазығындағы 385 ұңғыма).

Сулардың желілік түрі, өтімділігі жоғары қасиеті бар тектоникалық бұзылуларға қатысты. Аумақтың көп бөлігінде барлық белгіленген су түрлері бір-бірімен гидравликалық байланысқан және ортақ гидродинамикалық жүйені құрайды.

«Дегелең» алаңында, әрдайым ағып жататын шамамен 15 бұлақ анықталды, олардың дебиттері 0,5–0,6 дм^3/мин-тен 1000 дм^3/мин-ке дейінгі деңгейде құбылады. Су көп құйылатын бұлақтар 545–650 м биіктікте орналасқан. Олар негізгі су тұтқыш опырындыларға байланысты және сызаттық-желілік сулардың жүктемелерінің бекеттері болып табылады. Жоғарыда аталғандардан басқа, маусымдық режімі бар (~30) бұлақтардың үлкен мөлшері байқалады. Бұлақтардың маусымдық сипатын өсімдіктердің ылғал сүйгіштігі, топырақтың дымқылдануы және эрозионды ойықтардан көруге болады.

Қарабұлақ бұлағының арнасы Дегелең тауларының солтүстік баурайларында өз бастауын алатын 3 ағын судың құйылысында пайда болған өңделіп жатқан карьермен кесілген (3-Сурет). Бірінші және екінші ағын сулар карьер алдында бірге құйылады, біріктірілген ағын су арнайы құрылған дренажды траншеямен, карьердің оңтүстік шекарасы бойымен айналып өтеді. Үшінші ағын су карьердің аумағынан шығыс жақ беткейге ағып өтеді де, содан кейін Қарабұлақ бұлағына қосылады.



3-Сурет. Қаражал кенорнының орналасқан жері мен жерасты және жерүсті суларымен техногенді радионуклидтермен жылыстауы мүмкін негізгі көздері

Көптеген жылдар бойы бақылаулар бойынша, Қарабұлақ бұлағының ағын сулары қардың еріген кезіндегі қысқа уақытта ғана байқалады. Бұлақтың арнасы кішігірім,

көбіне көзге түспейді – төмен қуатты топырақ және өсімдік жамылғысына кіргені байқалмайды. Карьерден кейінгі 2,5 км арақашықтықтағы арна тау етегіндегі шлейфтерде кемиді және бірде-бір ағын суға келіп қосылмайды.

1.4. Кенорынын өңдеу ерекшелігі

Руда шоғырларының төмен емес деңгейде жатуы кенорнын ашық тәсілмен өңдеуді айқындайды. Кенорнын өңдеудің келесі сұлбасы қабылданды – тұтас көлденең бір қапталды ернеудің аралас орналасуы. Қазып алу және шығару жұмыстарының фронты карьерлық алаңның қысқа өзегіне қатар ауысады. Кенорнын өңдеу төмендегі қатар бойынша бұрғылау-жару жұмыстарын қолдана отырып жүргізіледі:

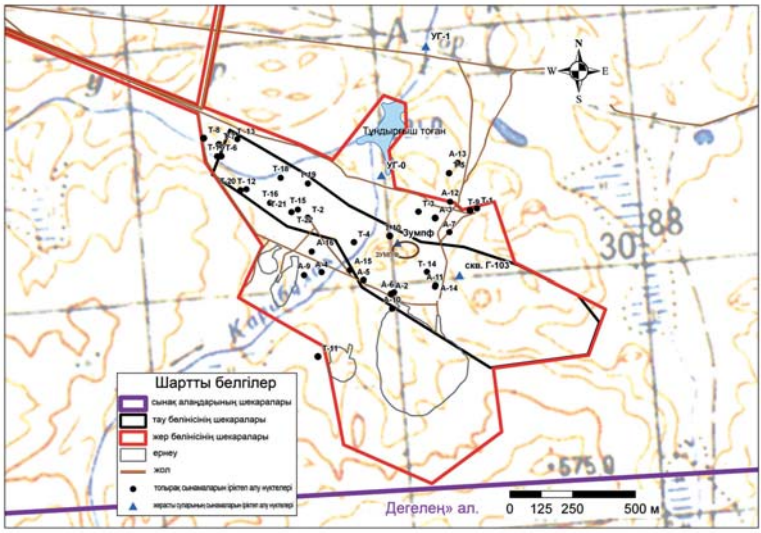
- БТС-150Б бұрғылау станогын пайдалана отырып бұрғылау-жару жұмыстарын жүргізу;
- сыйымдылығы 2,5 м^3, 1,25 м^3 және 0,75 м^3 шөміштері бар ЭО-5225, ЕТ-25 және ЕТ-18 экскаваторларымен руданы қопару, алу және тиеу;
- жүк көтергіштігі 12 т болатын КрАЗ автосамосвалымен руданы қоймаға тасымалдау;
- ернеудегі қопарылған жыныстарды орналастыру және Т-170 бульдозерін пайдалана отырып, жоспарланған жұмыстарды орындау.

Карьердің жобалық өнімділігі жылына 103 мың. т руданы құрайды. Қорлармен қамтылған тапсырылған өнімділік барысында кенорнын пайдалану мерзімі 16 жылды құрайды. Карьердің жобалық тереңдігі – 70 м.

Қаражал кенорны карьерінің жалпы көрінісі суретте көрсетілген (4-сурет).

4-Сурет. Қаражал кенорны карьерінің жалпы көрінісі

Қаражал кенорны инфрақұрылымының негізгі элементтері суретте көрсетілген (5-сурет).



5-Сурет. Қаражал кенорны инфрақұрылымының негізгі элементтері

Карьерді судан құрғату суды ашық түрде ағызу тәсілімен іске асады. Еріген сулар, нөсердің суларынан, сонымен қатар жерасты суларының қосылуы есебінен пайда болған карьердің сулары, 510 м-ден 505 м-ге дейінгі көкжиектен өткен, арнайы жабдықталған су жинағышта - зумпфта жинақталады. Зумпфтың көлемі – 630 м^3, тереңдігі – 5 м, бүйірінің еңісіндегі бұрыштар 30 градусқа дейін жасалған. Зумпфтан суды сорып алу үшін, үш ЦНС 38-88 сорғылармен жабдықталған сорғысы бар қондырғы пайдаланылады. Қалыпты су құйылу 50 м^3/сағ құрайды, максималды (нөсердің суларын ескере отырып) - 150 м^3/сағ құрайды. Диаметрі 100 мм болатын құбыр арқылы сорылатын су жоғарыға көтеріледі де, бедерде табиғи еңісте пайда болған, УГ-0 тоған-тұтқышқа жіберіледі. Жобада карьердегі суларды сорып алу жұмыстары қарастырылған көлемі 262324 м^3/жыл, сонымен қатар, бедерге жіберу – 252485 м^3/жыл, технологиялық жолдарға су шашу және тау массасын суғару – 9839 м^3/жыл.

Тоғытылатын суды есепке алу үшін тоғытқыш су құбырында ВМХ-100 шығынөлшегіші орналастырылған. Жерасты суларының деңгейі Г-103 гидрогеологиялық ұңғымасымен бақыланады, ол карьердің бүйірінің оңтүстік-шығыс жағында орналасқан және Г-105 гидрогеологиялық ұңғымасымен бақыланады, ол Қарабұлақ бұлағынен ары қарай, үшінші ағын судың жазығында солтүстік-шығыс 1,2 км арақашықтықта орналасқан.

Жобаға сәйкес, өлшенген бөлшектерден судың тазалануы, 98%-ды құрайды. Су тазаланған соң тоған-тұтқыштан жергілікті бедерге (Қарабұлақ бұлағының құрғап қалған арнасы) түседі.

Судың арна бойымен қозғалысы барысында, шамамен 500 м солтүстікке қарай, Қарабұлақ бұл. арнасының жолмен қиылысқан жерінде су бедердің ойысында жинақталып, УГ-1 су қоймасын құрайды, ол буландырғыш-тоған қызметін атқарады,

алайда ресми түрде УГ-1 су қоймасы буландырғыш-тоған болып есептелмейді, себебі жер бөлінісінің шекараларынан тыс жерде.

Кеніштің инфрақұрылымына: карьер, жыныстық ернеу, руданың қатталған аралығы, руданы ортаға үюге арналған алаң, баланстағы рудалардың қоймасы, іріктеуші қондырғы, шихталауға арналған қойма, тауар рудасының қоймасы, тауар рудасының қоймасы, технологиялық автожолдар, тұрғын-үй кешені бар вахталық поселке, шеберхана, автокөлік тұрағы, ЖЖМ қоймасы бар АЗС, монша, жер қоймасы, дәретхана, қоқсыққа арналған шұңқыр.

Кеніштің жұмыскерлерінің жалпы саны 48 адам, жұмыс жүйесі вахталық, вахтада 24 адамнан жұмыс істейді [1].

2. РАДИАЦИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙДЫҢ ҚАЛЫПТАСУ МЕХАНИЗМДЕРІ МЕН ФАКТОРЛАРЫ

Кез-келген аумақтың радиациялық жағдайы жалпы деңгейде екі құрауыштың суперпозициясы ретінде ұсынылуы мүмкін:

1. Қоршаған ортаның табиғи радиоактивтілігі.
2. Қоршаған ортаның техногенді радионуклидтермен ластануы.

2.1. Қоршаған ортаның табиғи радиоактивтілігі

Сәулеленудің табиғи көздеріне, Жердің беті қабаты мен қойналауларында таралған, *ғарыштық сәулелену* және *табиғи радиоактивті заттектер* жатады.

2.1.1. Тау жыныстарының радиоактивтілігі

Әдеби деректер бойынша тау жыныстарындағы табиғи радионуклидтердің тиесілі белсенділігінің орташа мәні сұлбада келтірілген (1-кесте).

1-Кесте

Тау жыныстарындағы табиғи радионуклидтердің тиесілі белсенділігі

Тау жыныстары	Тиесілі белсенділік, Бк/кг		
	^{238}U	^{232}Th	^{40}K
Магматикалық			
Қышқыл	60	80	1000
Орташа	20	30	700
Негізгі	10	10	240
Ультранегізгі	0,4	25	150
Тұнбалы			
әктастар	30	7	90
Құмдақтар	19	10	370
Саз балшықты тақта тастар	44	45	700

Табиғи радионуклидтердің құрамы көбіне калийге бай, қышқыл және сілтілі құрамдас ақтарылған тау жыныстарында көбірек байқалады. Шөгінді жыныстардың арасында жоғары радиоактивтілік сазда және саз балшықты тақта тастарда көбірек кездеседі. Таза химиялық және органикалық шөгінділер – тұзды тас, гипс, әктас, доломиттер, кварцты құмдар, кремнийлі тақтатастар, яшмаларда радиоактивтілік төмен.

Қарастырылатын аумаққа қатысты қышқыл магматикалық жыныстарға арналған табиғи радионуклидтердің (ТРН) тиесілі белсенділігінің мәнін бағдар ретінде алып қарауға болады. Дегеленділік интрузивті массив осындай жыныстардан (граниттерден) құралған.

2.1.2. Топырақтардың радиоактивтілігі

Топырақтағы радиоактивті элементтердің негізгі көзі болып топырақтүзуші жыныстарды есептеуге болады. Қышқыл магматикалық жыныстарда дамыған топырақтар, радиоактивті элементтермен (уран, радий, торий, калий) байытылған, ал негізгі және ультранегізгі жыныстарда түзілген топырақтар, оларға кедей. Барлық жердегі сазды топырақтар, құмды топырақтарға қарағанда радиоизотоптарға бай.

Кестеде (2-кесте) топырақтың негізгі түрлерінің тиесілі белсенділігі келтірілген. [2].

2-Кесте

Топырақтағы табиғи радионуклидтердің тиесілі белсенділігі

Топырақтың негізгі түрлері	Тиесілі белсенділік, Бк/кг		
	^{238}U	^{232}Th	^{40}K
сұртопырақ	31	48	670
сұр-қоңыр	28	41	700
сарғылт	27	37	550
қаратопырақ	22	36	410
сұр орманды	18	27	370
шымды-ақшыл сұрғылт түсті	15	22	300
Ақшылт сұрғылт түсті	9	12	150
шымтезекті	6	6	90

Шөгінді тау жыныстарындағы ТРН таралу заңдылығы көбіне топырақтық заттекті құрамы бойынша оларға жақын және көбіне әділ таралған. Алайда, топырақта құрауыштар бар, олар радиоизотоптармен байытылған – бұл жұқа коллоидты фракция, ол алмасу-сіңіру процестерімен, сонымен қатар органикалық құрауыштармен байланысты. Одан басқа, топырақтың көбінде уран мен радий арасында соңғысына қарай радиоактивті тепе-теңдіктің бірден орнын ауыстыруы көрініс береді, бұл топырақ асты суларының уранмен сілтіленуіне байланысты [2].

Кенорнының аумағында ССП көп бөлігіне ұқсайтын, сарғылт топырақ үшін ТРН тиесілі белсенділігінің мәнін бағдар ретінде алып қарауға болады. Қарастырылып жатқан аумақтың оңтүстігіне қарай, тау аралық еңістерде жатқан, бұлақтардың жазығында, жайылымдық топырақтар таралған, алайда Қаражал кенорнының жер бөлінісіне берілген телім, таулы жерден тыс аумақта жатыр.

2.2. Қоршаған ортаның техногенді радионуклидтермен ластануы

Жердің географиялық қабығының техногенді радионуклидтермен ластану көздері көп және әртүрлі: бұл атом электрстансаларының апаттық шығарындылары, ядролық қаруды сынау, бейбіт мақсаттағы ядролық жарылыстар, зерттеу түріндегі ядролық реакторлар, атом кемелерінің теңіздерді ластауы, радиоактивті қалдықтар және т.б.

Қарастырылып жатқан аумақ үшін, оның географиялық жағдайының ерекшелігіне байланысты, техногенді радионуклидтермен ластану ең алдымен, ССП аумағында өткізілген ядролық сынақтармен анықталатын болады, оның себебінен төмендегі негізгі радионуклидтер түзілетін болады:

- өнімдік бөлініс – ^{137}Cs, ^{137}Ba, ^{147}Pm, ^{151}Sm, ^{90}Sr, ^{90}Y, ^{99}Tc;
- қоршаған ортаның нейтрондармен белсендірілген өнімдері – ^{60}Co, ^{152}Eu, ^{154}Eu, ^{3}H, ^{14}C, ^{36}Cl;
- заряд заттегінің реакцияға түспеген бөлігі – ^{238}Pu, $^{239+240}$Pu, ^{241}Pu, ^{241}Am.

Дәстүр бойынша, келесі радионуклидтер биологиялық маңызды болып есептеледі: ^{137}Cs, ^{90}Sr, ^{3}H, $^{239+240}$Pu.

Қарастырылып жатқан аумақтағы негізгі ластанудың ықтимал көздері – бұл, жерасты және жерүсті суларымен радионуклидтердің таралуына мүмкіндік беретін, қазандық аузында пайда болған, «Дегелең» алаңындағы ЖЯЖ және күндізгі топырақтың беткі ластануын шарттайтын атмосфералық түсулер.

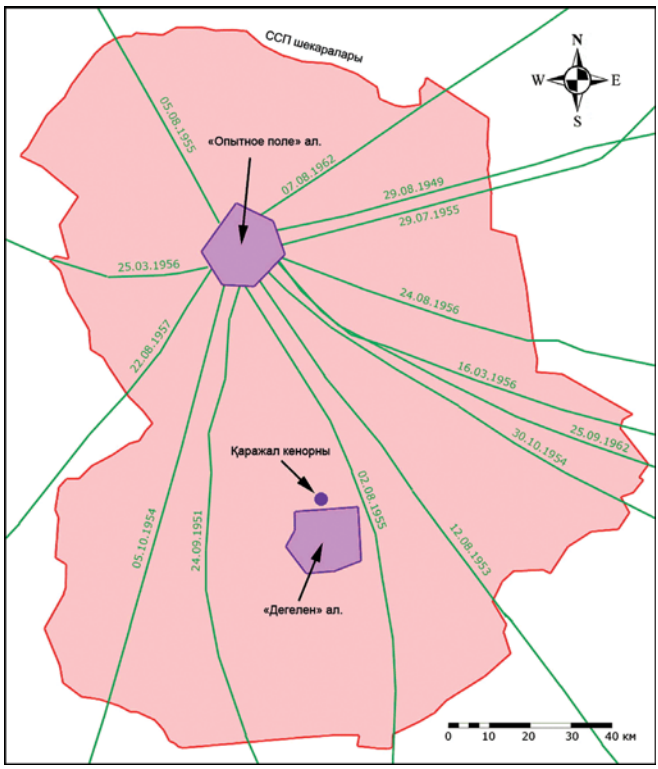
2.2.1. Атмосфералық түсулер және күндізгі жерүсті топырақтарының ластануы

2.2.1.1. Ауқымды атмосфералық түсулер

1949 жылдан 1962 жылдар аралығындағы кезеңде «Тәжірибе даласы» алаңында 30 жерүсті сынақтары өткізілді. Жерүсті ядролық сынақтары аумақтың қомақты түрде ластануына алып келді және жарылыстың эпицентрінен жүздеген километрге дейін созылып жатқан, радиоактивті іздерді қалыптастырды. Суретте жергілікті жердің сәйкестендірілген іздері көрсетілген (6-сурет).

Суреттен көрсетілгендей, 02.08.55ж. өткізілген жарылыстың әсерінен бұлттың ауысу өзегі «Дегелең» сынақ алаңына жақын жерде орналасқан және бұлттың шеткі бөліктері Қаражал кенорнының аумағынан өтуі және аумақтың топырағындағы кейбір техногенді радионуклидтердің құрамына әсерін тигізуі мүмкін екенін жоққа шығара алмаймыз. Алайда, бұл әсер ету болмашы ғана болуы да мүмкін, себебі 02.08.55ж. жарылыс радиациялық-маңызды жарылысқа жатпайды [2].

Осылайша, ССП ауадағы жарылыстар әсерінен болған ауқымды атмосфералық түсулер факторы кенорнындағы радиациялық жағдайды қалыптастыруда қомақты рөл атқармауы тиіс.



6-Сурет. «Тәжірибе даласы» алаңында жасалған, жерүсті ядролық жарылыстарының радиоактивті бұлттарының ауысу өзегінің кеңістіктегі орны

2.2.1.2. Ауқымды атмосфералық түсулер

Ауадағы ядролық сынақтар өткізу барысында радиоактивті өнімдердің қомақты бөлігі стратосфераға шығарылады, ол жерде ауаның көлденең қабатында әлсіз араласады, ал түсуі баяу болады. Радиоактивті бұлттың құрамындағы микроскопиялық мөлшердегі (~4*10^{-5} см) радиоактивті аэрозолдар стратосферада бірнеше айдан бірнеше жылға дейін қалуы мүмкін, ал желдер бұлтты бүкіл Жер бетіне таратуы мүмкін (стратосфералық тарату).

Жасанды радионуклидтер атмосферадан жауын-шашын түрінде және құрғақ түсулер түрінде топырақтың беткі қабатына түседі. Ауқымды түсулер деп аталатын бұл түсулердің тығыздығы жергілікті жердің географиялық еніне байланысты және атмосфераға шығарылған жасанды радионуклидтерден кейінгі уақытқа, маусымға және метеорологиялық факторларға байланысты.

Әдеби деректер бойынша [1], ауқымды түсулермен шартталған, техногенді радионуклидтердің топырақтағы тиесілі белсенділігі: ^{137}Cs – 4–29 Бк/кг, ^{90}Sr – 1–19 Бк/кг, $^{239+240}$Pu – 0,02–5 Бк/кг, ^{151}Sm ~ 1,2 Бк/кг, ^{99}Tc ~ 0,2 Бк/кг құрайды. ЖРН жиынтықты (кумулятивті) бөлінісі уақыт өте келе табиғи ландшафттарда таралады. Бұл келесілердің есебінен болады:

- көлденең жылыстау –атмосфералық жауын-шашынмен жоғарыдан төменге қарай шаю, желдің таратуы;
- тігінен жылыстау – уақыт өте келе ЖРН топырақтың тереңдігіне өтеді, ал өсімдік жамылғысында сақталған бір бөлігі топырақтың беткі қабатына өтеді (өсімдіктер қураған соң).

Табиғи жылыстау топырақтың беткі қабатындағы (көбіне зерттелетін) жасанды радионуклидтердің шоғырлануында одан да көп шашырауына алып келеді. Сол себепті даралықты орташадан минимум 2-3 есеге батыл түрде кеңейтуге болады. Техногенді радионуклидтермен топырақтың ластану мүмкіндігі бойынша алынған бағалар басқа факторлардың әсерін бақылауға және олардың себептерін анықтауға арналған ая ретінде алынуы мүмкін.

2.2.2. Техногенді радионуклидтердің жерасты ядролық жарылыстары мен жерасты және жерүсті суларымен жылыстауы

Дегелең таулы массивінің аумағында көлденең тау қазбалары – штольняларда ЖЯЖ жасалды. 1961 жыл мен 1989 жылдар аралығында барлығы 181 штольня салынды, олардың ішінде 209 ядролық сынақтар өткізілді.

ЖЯЖ қазандық қуысында радиоактивті заттектердің көп мөлшері жинақталған. Егер қуыс құрғақ болса, онда ол жерде радиоактивті қалдықтар нақты көмілген деген сбұл. Егер бұл қуысқа су толған болса, онда су қазандық қуысынан және бөлшектеудің қоршаған аймағынан радионуклидтерді шығаратын агент болып табылады.

«Дегелең» алаңында салынған барлық штольнялар жерасты суларын жақын деңгейде орналасқан немесе сүзгілеу аймағында орналасқан. Су шыққан штольнялар теңіз деңгейінен 600-700 м биіктікте орналасқан. Зерттеулер нәтижесінен, ~30 штольнядан ағып жатқан жылғалар бойынша, 90-шы жылдардың аяғында штольнялар жабылғанға дейін күндізгі жербетіне радиоактивті өнімдердің шығуы орын алды.

Бұл жылғалардың алқаптарында және арналарының шегінде радиоактивті ластанған телімдер табылды, олардың радиациялық параметрлерінің мәні олар шығып жатқан тау қазбаларынан көп жоғары. Штольня жабылғаннан бері, кейбір штольняларда (8-ден 12-ге дейін, маусымға байланысты және жауын-шашынның мөлшеріне байланысты) осы уақытқа дейін су жиналған, себебі бекітілген құрылғының арасынан қазіргі уақытқа дейін су шығып жатыр. Судың зертханалық талдамаларынан радионуклидтердің шығуы әлі күнге дейін жалғасып жатқанын көруге болады. Жеке ағын суларда шоғырлануы ^{3}H - 460 кБк/кг, ^{137}Cs – 780 Бк/кг, ^{90}Sr – 1800 Бк/кг, $^{239+240}$Pu – 2,3 Бк/кг жетеді [2].

Бұлақтардың жағалауы мен алқаптарын құрайтын топырақтардың судан радионуклидтерді сіңіруі нәтижесінде олардың белгілі бір жерде жинақталуынан болады. Өз жолдарының соңында ағын сулар жайылып едәуір аумақты алады, оның есебінен батпақтанған телімдер пайда болады, ол жерлерде көптеген жылдар бойында радиоактивтіліктің қомақты түрде шоғырлануы орын алады.

Қаражал кенорнының аумағы үшін тікелей ықтимал қауіптілікті штольнялар тудырады, олар келесі шарттарды қанағаттандырады:

1. Дегелең тауының солтүстік баурайларында орналасқан, Қарабұлақ бұл. су жинаушы аумағындағы жазығында карьердің аумағы орналасқан.

2. Қазіргі уақыттағы (жербеткі ағын сулармен радионуклидтердің шығуы) немесе штольняны жапқанға дейін өткен уақытта (жерасты ағын сулармен радионуклидтердің шығуы және жарылыс қуысының бекітілген штольняда судың орын алуы мүмкіндігі) штольняларда ағын сулардың орын алуы.

Аталған жағдайларды қанағаттандыратын 6 штольня бар, олар: 150, 151, 152, 011, 143, 511. Олардың карьерге қатысты кеңістіктегі орналасуы суретте көрсетілген (3-сурет).

Қазандық қуысынан және бөлшектеу аймағынан жерасты суларымен радионуклидтердің шығарылуынан кейін, олардың одан әрі таралу механизмдері мен аумақтың ластануы мүмкін:

- Ластанған топырақтан шаңның пайда болуынан ауа ортасының ластануы;
- Ластанған топырақты механикалық тасымалдау;
- Жерасты және жерүсті суларымен ластанған техногенді радионуклидтердің карьер кенорындарына түсуі;
- Жерүсті және жерасты суларынан булану және транспирация есебінен ауа ортасының тритиймен ластануы.

2.2.2.1. Ластанған топырақтардан шаңның пайда болуы есебінен ауа ортасының ластануы

ССП көптеген жылдар бойы, «Тәжірибе даласы» секілді үлкен алаңдық күндізгі жер беткі радионуклидті ластану көздеріне жасалған зерттеулерден [3], атмосфераның жер беті қабатының қомақты түрде радиоактивті ластануы техногенді шаңдану (автокөліктердің қозғалысы және қомақты шаң көтеруді тудыратын басқа да жұмыстар), сонымен қатар далалық өрттер орын алған жағдайда ғана мүмкін екені анықталды.

Кенорындарында ашық тәсілмен жұмыс жасау барысында қомақты түрде шаң көтерілуді тудырады, ол атмосфералық ауадағы техногенді радионуклидтердің құрамын бақылаудың қажеттілігін тудырады және тыныс алу ағзалары арқылы ағзаға радионуклидтердің түсуі есебінен ішкі сәулеленуге алып келуі мүмкін.

2.2.2.2. Ластанған топырақтардың механикалық тасымалдануы

Жоғарыда айтылғандай, «Дегелең» алаңының штольняларынан шыққан ағын сулардың жазығында және порталалды алаңдардың топырақтарының техногенді радионуклидтермен ластануы, кенорнының тікелей жақын орналасқандықтан, одан ары адамдармен немесе техникамен технологиялық жолдар бойымен, өңделген аумақтармен, вахталық поселкемен және т.б. тасымалдануына байланысты. 177 штольняның порталалды телімі топырағындағы техногенді радионуклидтердің құрамы, сәйкесінше ^{137}Cs, $^{239+240}Pu$ және ^{90}Sr – $3,3*10^4$; $2,6*10^4$ және $1,4*10^5$ Бк/кг-ны құрайды. Аталған таралу механизмі аумақтың радионуклидті ластану көрінісінің қалыптасуына қомақты рөл атқаруы мүмкін және ол осындай ластануға ұшыраған нақты адамдарға жекеше қатысты болуы мүмкін. Осыған байланысты автокөліктің қозғалысының бағытына шектеу қойылуы тиіс.

2.2.2.3. Кенорнының карьеріне техногенді радионуклидтермен ластанған жерасты және жерүсті суларының түсуі

Радионуклидтердің таулы массивтен тыс жерлерге шығуының негізгі бағыты болып, олардың штольнядан шыққан ағын сулардың әсер етуші аймағында жатқан

Ұзынбұлақ, Тоқтакүшік, Байтілес және Қарабұлақ бұлақтары – Дегелең сулы артериялары бойымен олардың жылыстауы болып табылады. Қарабұлақ бұл. Қаражал кенорны арқылы өтеді, ол ЖЯЖ өткізілген жерден шамамен 4 км аралықта «Дегелең» алаңының солтүстік бөлігінде орналасқан (3-сурет).

Атап өтілгендей, Қарабұлақ бұл. 3 ағын судың қосылысында пайда болған. Бірінші ағын судың жазығында (батыстан шығысқа қарай есептегенде) 152, екіншінің жазығында – 150 және 151, үшіншінің жазығында – 011, 143, 511 штольняларының порталдары орналасқан.

Бірінші және екінші ағын сулар басқа бұлақтардың жылғаларына қарағанда ластануы төменірек, себебі онда орналасқан штольнялар қазіргі уақытта су баспаған. Судағы ^{3}H тиесілі белсенділігі бірінші және екінші ағын сулардың қосылған жерлерінде шамамен 30 кБк/кг, ^{137}Cs – дейін 0,22 Бк/кг, ^{90}Sr – дейін 0,07 Бк/кг-ны құрайды. Дренажды ор арқылы карьерден ағын суды айналдырып жіберу, ластанған жерүсті суларының карьерге түсуіне жол бермейді. Алайда, ластанған жерасты суларының түсу қауіптілігі жойылмайды.

Қарабұлақ бұл. келіп түсетін үшінші ағын су, алдыңғы екі ағын суға қарағанда ластау, себебі оның жазығында қазіргі уақытта су алған 511 штольня бар. ^{137}Cs және ^{90}Sr тиесілі белсенділігінің максималды мәні 700 және 400 Бк/кг-ға жетеді. Қазіргі уақытта үшінші ағын судың жазығында шығысырақ карьердің аумағы өтеді, алайда карьер шығысқа қарай кеңейіп келеді және алдымыздағы жылдарда үшінші ағын судың әсер ету аймағына түсуі мүмкін. Осылайша, ластанған жерасты және жерүсті суларының карьерге түсу қауіптілігі туып тұр.

2.2.2.4. Жерасты және жерүсті суларының транспирациясы және булануы әсерінен тритийдің ауа ортасының ластануы

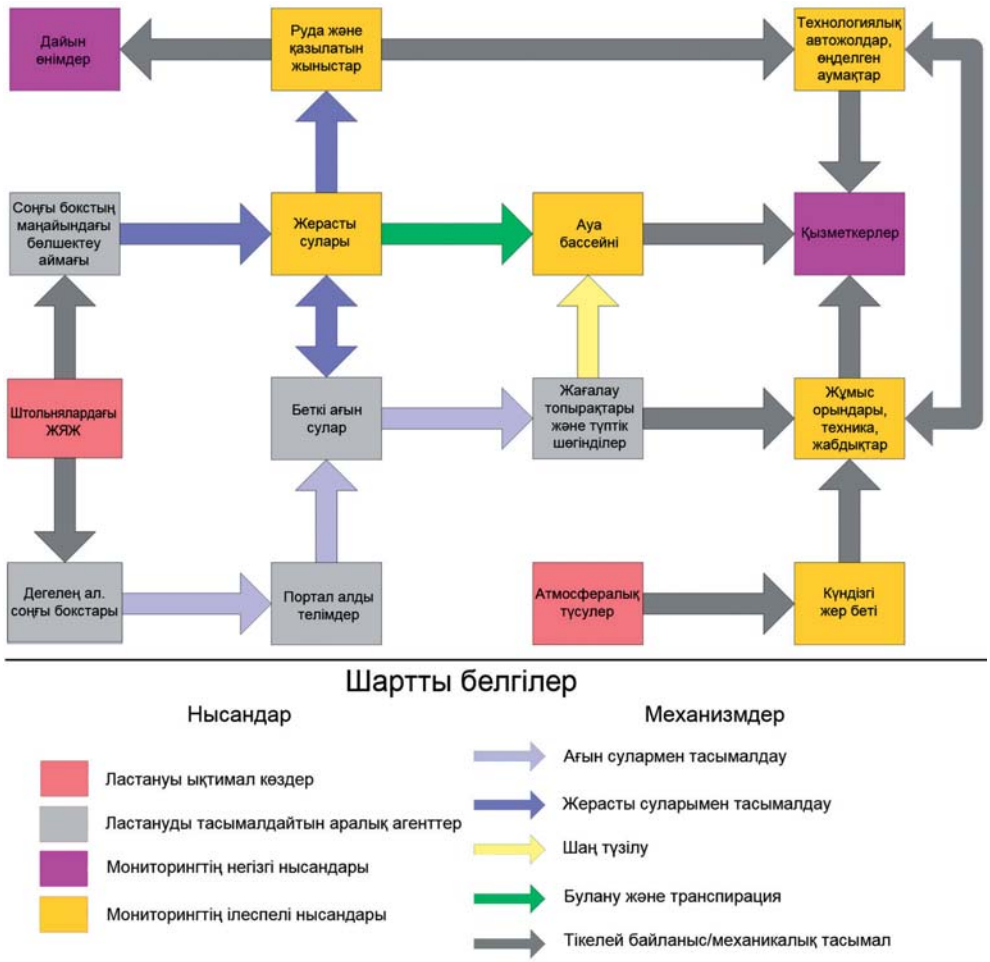
Тритий, басқа техногенді радионуклидтерге қарағанда, орналасқан жыныстарда сіңірілмейді және оның судағы жылыстауы судың өз жылдамдығымен бірдей. Жербеткі немесе тереңде жатпаған жерасты суларының тритиймен ластануы, оның булану жолдарымен немесе өсімдіктердің транспирациясы жолымен атмосфераға шығуына алып келеді.

Дегелең таулы массивінің шегінде таралған жерасты суларында, тритийдің шоғырлануы 10^{5} Бк/кг-ға жетеді. Дегелең таулы массивінің ауасында тритийдің құрамы, оның орташа шамасы 41 Бк/м^{3} жеткен уақытта 240 Бк/м^{3} жетеді [4].

Қаражал кенорны үшін бұл механизмді зерттеу өте көкейтесті мәселе, себебі карьерді өңдеу барысында оған жерасты сулары түсетін болады және белгілі бір жағдайда, мысалы, желсіз ауа-райында, атмосфералық ауада адамға қауіп төндіретін тритийдің шоғырлану шегіне жетуі мүмкін.

2.2.2.5 Ластану нысандары, механизмдері мен көздері арасындағы өзара байланыс

Бұдан бұрын айтылғандарды ортақтастыра отырып, радиациялық жағдайға әсер етуге мүмкіндігі бар негізгі факторларды қарастыруға болады – қоршаған ортаның ластануы ықтимал көздер, тасымалдаудың аралық агенттері, олардың әрекет ету механизмдері, сонымен қатар олардың қоршаған орта нысандарымен төмендегі суретте көрсетілгендей өзара байланысы (7-сурет).



7-Сурет. Радиациялық жағдайға әсер етуге және олардың бақылау нысандарымен өзара байланысына қабілетті негізгі факторлар

3. КЕНОРНЫНЫҢ АУМАҒЫНДАҒЫ РАДИОЭКОЛОГИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУЛЕР

Жоғарыда айтылғандарды саралай келе, қарастырылып жатқан аумақ үшін келесі көкейтесті зерттеу нысандары анықталды:

- күндізгі жер беті телімдерінің топырағы;
- өңделген аумақтардың, қайырмалардың, автожолдардың топырағы;
- жерасты және жерүсті сулары;
- руда және орналастырғыш жыныстар;
- ауа аэрозолдары;
- су булары;

- жұмыс орындары және жабдықтар;
- қызметкерлер (урина, жеке дозиметрия);
- дайын өнім (концентрат).

Радиоэкологиялық зерттеулерге далалық және зертханалық жұмыстарды өткізу жатады.

Жұмыстарды өткізуге келесі жабдықтар пайдаланылды:

- ауа аэрозолдарының сынамаларын іріктеп алуға арналған аспирациялық жабдық,
- үлгілерді дайындау жұмыстарына арналған стандартты химиялық жабдық;
- TriCarb 2900 TR сұйықсцинтилляционды спектрометр ^{3}H шоғырлануын анықтауға арналған;
- Ortec GMX20P4 гамма-спектрометрі гамма-сәуле шығарушы радионуклидтердің тиесілі белсенділігін анықтауға арналған;
- СРП-68-01 радиометрі, РКС-01-СОЛО дозиметр-радиометрі, РКС-01Г-СОЛО дозиметрі радиациялық параметрлер мәнін өлшеуге арналған.

Радиометриялық параметрлерді өлшеуге енгендер:

- «Іздестіру» режіміндегі күндізгі беткі қабаттарды, қайырмалар мен технологиялық жолдарды бағыттық гамма-түсіру;
- эквивалентті доза қуатын (ЭДҚ) және бекітілген нүктелердегі α- және β-сәуле шығарушы радионуклидтермен беткі ластану тығыздығына радиометриялық өлшеулер жүргізу;
- жұмыс орындары мен жабдықтарына радиациялық бақылау жасау;
- өндірістік жайларда, карьерлерде және вахталық поселкелерде радон мен торонның ЭТАБ өлшеу;
- қызметкерлерді іріктеп дозиметрлік бақылаудан өткізу.

Сынама шығарылатын руданың топырағынан, бақылау ұңғымаларының жер-асты және жерүсті суларынан, жылғаларға жақын орналасқан зумпфтардан, ауа аэрозолдарынан, уринадан, ауаның су буларынан, таза өнімнен (концентраттан) алынды.

Зертханалық зерттеулерге гамма-сәуле шығарушы радионуклидтердің тиесілі белсенділігін анықтау, ^{90}Sr, $^{239+240}$Pu тиесілі белсенділігін анықтауға радиохимиялық талдама жасау, ^{3}H шоғырлануын анықтау мақсатында бета-спектрометриялық талдама жасау жатады.

Сынамалардың іріктеп алу нүктесінің кеңістіктегі орналасуы суретте көрсетілген (5-сурет).

Аталған жұмыста барлық радиоэкологиялық зерттеулердің нәтижелері келтірілді және кенорны аумағының қазіргі уақыттағы жай-күйіне баға берілді.

4. ЖҰМЫСТАРДЫҢ НӘТИЖЕЛЕРІ

Қазіргі уақытта кенорнында жасалған жұмыстардың нәтижелері бойынша, үлкен көлемді нақты материал жинақталды, олардың көлемі жайлы деректер төмендегі кестеде көрсетілген (3-кесте).

3-Кесте

Далалық және зертханалық зерттеулердің барлық түрі бойынша нақты материалдың көлемі

Өлшеудің немесе сынаманың түрі	1998	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	Радиометриялық бақылау нәтижелері, өлшеулер саны							
Күндізгі жер бетінің белгіленген нүктелеріне радиометриялық бақылау жасау	√*	-	√	-	-	3	5	3
Өңделген аумақтарға, қайырмаларға, автожолдарға радиометриялық бақылау жасау	-	-	-	-	9	5	5	3
Жұмыс орындары мен жабдықтарға радиометриялық бақылау жасау	-	-	-	24	98	120	116	131
Қызметкерлерге жеке іріктемелі дозиметрлік бақылау жасау	-	-	-	-	-	19	33	16
Өндірістік жайларда, карьерлерде және вахталық поселкелерде радонның ЭТАБ өлшеу	-	-	-	-	-	18	-	-
	Зертханалық талдамалардың нәтижелері, сынамалардың саны							
Күндізгі жер бетінің телімдерінің топырағы	√	-	√	5	-	3	5	3
Өңделген аумақтардың, қайырмалардың, автожолдардың топырағы	-	-	-	-	9	5	5	3
Жерасты және жерүсті сулары	√	√	√	18	4	12	20	20
Руда мен орналасқан жыныстар	-	-	-	-	4	65	5	8
Ауа аэрозолдары	-	-	-	3	4	4	4	5
Су булары	-	-	-	4	14	45	60	98
Урина	-	-	-	-	-	88	40	36
Дайын өнім (концентрат)	-	-	-	-	-	20	39	26
Ескерту: * - √ белгісі ортақтастырылған деректер барын білдіреді, өлшеулердің немесе сынамалардың дәл мөлшері белгісіз								

4.1. Зерттеліп жатқан нысандардың радиометриялық бақылау нәтижелері

«Іздестіру» режімінде күндізгі беткі қабаттарда радиациялық зерттеулер жүргізілді. ЭДҚ максималды мәнді орындары табиғи және жасанды радионуклидтердің құрамына кешенді зерттеу жүргізу үшін топырақтың сынамаларын іріктеп алу нүктелері ретінде белгіленді. Күндізгі жер бетінің радиациялық зерттеу нәтижелері кестеде көрсетілген (4-кесте).

4-Кесте

Күндізгі жер бетінің белгіленген нүктелерінен іріктеп алынған, топырақ сынамаларының зертханалық талдамалары мен радиометриялық бақылауының нәтижелері

Өлшеу түрлері	2005	2006	2007	2008	2009
	Орташаландырылған мән (минималды – максималды)				
α-сәуле шығарудың беткі тығыздығы, бөлш/(мин*см^2)	-	-	< 0,2	< 0,2	< 0,2
β- сәуле шығарудың беткі тығыздығы, бөлш/(мин*см^2)	-	-	18 (17-19)	14 (10-16)	< 10
Жердің бетіндегі ЭДҚ, мкЗв/сағ	-	-	0,14 (0,14-0,15)	0,15 (0,12-0,19)	0,13 (0,12-0,13)

Алынған нәтижелерден, күндізгі жер бетінің радиациялық параметрлері аталған жергілікті жерге тән, аялық мәннен аспайтынын көрсетті. Осылайша, бақылаудың барлық кезеңі бойында радиациялық параметрлері мәнінің тұрақтылығына қатыстылығы байқалады және қандай да бір ауытқушылығы бар жоғары мәнді күтпей-ақ қоюға болады.

Технологиялық жолдардың және өңделген аумақтардың жай-күйі осыған ұқсас сұлба бойынша зерттелген болатын. Технологиялық жолдарды және өңделген аумақтарды радиациялық зерттеу нәтижелері кестеде көрсетілген (5-кесте).

5-Кесте

Өңделген аумақтардың, қайырмалардың, автожолдардың топырақтарынан іріктеп алынған сынамалардың зертханалық талдамалары мен радиометриялық бақылау нәтижелері

Өлшеу түрлері	2005	2006	2007	2008	2009
	Орташаландырылған мән (минималды – максималды)				
α-сәуле шығарудың беткі тығыздығы, бөлш/(мин*см^2)	-	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,2
β- сәуле шығарудың беткі тығыздығы, бөлш/(мин*см^2)	-	5 (4-7)	11 (10-12)	8 (7-9)	< 10
Жердің бетіндегі ЭДҚ, мкЗв/сағ	-	0,11 (0,09-0,14)	0,14 (0,11-0,20)	0,11 (0,10-0,12)	0,13 (0,12-0,14)

Алынған нәтижелерден, өңделген аумақтардың, қайырмалардың, автожолдардың радиациялық параметрлері күндізгі жербетіне арналған сәйкес мәннен аспайтынын көруге болады. Кенорнын өңдеу барысында жергілікті жердің радионуклидті ластануы байқалған жоқ.

Сонымен қатар жұмыс орындарында, уақытша және әрдайым тұрақтайтын жұмыс орындарында, қызметкерлердің арнайы киімі мен тері жамылғысындағы радиациялық параметрлерді өлшеу жұмыстары жүргізілді. Радиометриялық өлшеу нәтижелері кестеде келтірілген (6-кесте).

6-Кесте

Жұмыс орындары мен жабдықтарды радиометриялық бақылау нәтижелері

Өлшеу түрлері	2005	2006	2007	2008	2009
	Орташаландырылған мән (минималды – максималды)				
α-сәуле шығарудың беткі тығыздығы, бөлш/(мин*см^2)	< 0,3	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,2
β- сәуле шығарудың беткі тығыздығы, бөлш/(мин*см^2)	9,3 (3-15)	8,6 (4-15)	8,2 (5-16)	7,7 (4-15)	9,1 (5-14)
ЭДҚ, мкЗв/сағ	0,13 (0,07-0,19)	0,11 (0,05-0,18)	0,11 (0,05-0,19)	0,09 (0,04-0,18)	0,10 (0,05-0,18)

Аумақтағы ЭДҚ мәні 0,09-ден 0,13 мкЗв/сағ дейінгі аралықта болды. β-бөлшегі ағымының тығыздықтағы өлшенген мәні <10 бөлш/(мин*см^2) құрады. α-бөлшегі ағымының тығыздықтағы мәні барлық зерттеу нысандарында пайдаланылатын өлшеу құралдарының анықтау шегінен (<0,2-0,3 бөлш/(мин*см^2) асқан жоқ. Бұл дегеніміз, қызметкерлер мен автокөлік қозғалыс бағытының белгіленген шегінен шықпай бекітілген шектеулерді орындап, қауіптілігі ықтимал жерлерден кездейсоқ радионуклидті ластануға ұшыраған жоқ деп айтуға болады.

Радиациялық параметрлер мәніндегі кішігірім өзгерістерден байқайтынымыз, зерттеулер түрлі уақытта және әртүрлі топтармен жасалған, өлшеуге де ионды сәулелендіруді тіркеу принциптері бойынша ерекшеленетін, сонымен қатар, өлшеулердің нәтижелеріне әсер ететін техникалық сипаттамасы бар (типтері мен детектордың аумағы, детектордың анизотропиясы, энергетикалық сызықты емес, детектордың тиімділігі және т.б.) түрлі дозиметрлер мен радиометрлер пайдаланылған. Бұл параметрлердің барлығы шамалардағы өлшеулер барысында, детектрлеудің шегінің шамасында төменге жақын және ± 30% дейін нәтиженің жоғары белгісіз қалуына алып келуі мүмкін.

Зерттеулердің нәтижелері бойынша, кенорны аумағындағы барлық зерттеліп жатқан нысандарда радиациялық параметрлер аталған аумаққа арналған аялық шамадан аспайды. Осыған байланысты зерттеліп жатқан аумаққа одан әрі радиометриялық бақылау жасаудың қажеттілігі жоқ.

4.2. Топырақтардың жай-күйі

Кенорнындарының аумақтарында күндізгі жер бетіндегі радиоэкологиялық жағдайдың даму қарқынын зерттеу үшін, таудағы жұмыстардың жоспары бойынша әзірлемеге тартылатын, таудағы су тартқыштардың күндізгі жербеткі телімдерді жыл сайын зерттеу жүргізіледі. Зертханалық талдамалар үшін топырақ сынамалары «Іздестіру» режіміндегі радиометриялық түсіру барысында анықталған, радиациялық параметрлердің максималды мәні бар нүктелерден алынады. Сынамаларды алу тәсілі 0-5 см тереңдікке «шаншу» арқылы іске асады.

Күндізгі жер беті телімдерінен іріктеп алынған топырақ сынамаларының зертханалық зерттеу нәтижелері кестеде келтірілген (7-кесте). Салыстыру үшін минималды мәнді тиесілі белсенділік шамасы РҚН-99 бойынша келтірілген.

7-Кесте

Күндізгі жер беті телімдерінен іріктеп алынған топырақ сынамаларының зертханалық зерттеу нәтижелері

Радионуклид	2004	2005	2007	2008	2009
	Тиесілі белсенділіктің орташаландырылған мәні (минималды – максималды), Бк/кг				
^{40}K	(120-430)	750 (480-1020)	-	570 (500-700)	620 (450-900)
^{226}Ra	(25-56)	31 (27-35)	-	54 (35-90)	55 (50-60)
^{232}Th	(6-59)	44 (18-79)	-	17 (7-20)	32 (20-45)
^{241}Am	-	0,6 (<0,3-0,9)	<1	<1	<1
^{137}Cs	(<0,9-33)	16 (<0,4-51)	<1	2,4 (<1-6)	14 (<1-25)
^{90}Sr	(2-3,5)	12 (<9-15)	11 (11-11)	5 (5-5)	13 (12-14)
$^{239+240}$Pu	(<1-17)	24 (11-36)	-	10 (10-10)	7 (0,5-13)

Алынған нәтижелер, күндізгі жер бетіндегі топырақтағы табиғи радионуклидтердің құрамы орташа табиғи аядан аспайтынын көрсетті (2-кесте), ал техногенді радионуклидтердің құрамы $^{239+240}$Pu алмағанда ауқымды түсулердің аясынан аспайды, оның құрамы аялық деңгейден бірнеше есе жоғары.

Бұл, «Тәжірибе даласы» алаңындағы ядролық қаруды жерүсті сынаудан кейінгі радиоактивті іздердің өтуіне байланысты болуы мүмкін. Жалпы алғанда, зерттеліп жатқан аумақтағы күндізгі жер бетіндегі кенорнындағы топырақтың қызметкерлер үшін радиациялық қаупі жоқ.

Өңделген аумақтардың, қайырмалардың, автожолдардың топырағының сынамаларын зертханалық зерттеу нәтижелері төмендегі кестеде келтірілген (8-кесте).

8-Кесте

Өңделген аумақтардың, қайырмалардың, автожолдардың топырағының сынамаларын зертханалық зерттеу нәтижелері

Радионуклид	2006	2007	2008	2009
	Тиесілі белсенділіктің орташаландырылған мәні (минималды – максималды), Бк/кг			
^{40}K	-	-	690 (300-1300)	510 (400-650)
^{226}Ra	-	52 (45-59)	43 (20-60)	70 (65-80)
^{232}Th	-	55 (33-67)	32 (10-65)	32 (20-40)

Радионуклид	2006	2007	2008	2009
	Тиесілі белсенділіктің орташаландырылған мәні (минималды – максималды), Бк/кг			
^{241}Am	0,9 (<0,5-2)	< 1,5	< 1	< 1
^{137}Cs	25 (2-46)	10 (<1-36)	7 (<1-15)	4 (<1-10)
^{90}Sr	16 (10-22)	14 (8-20)	-	-
$^{239+240}Pu$	12 (6-18)	-	-	-
^{60}Co	< 1,7	< 1	< 1	-

Жұмыстардың нәтижелері бойынша, өңделген аумақтардың, қайырмалардың, автожолдардың топырағындағы табиғи және техногенді радионуклидтердің құрамы негізінен, күндізгі жер бетіне арналған мәнінен аспайды, басқаша айтсақ кенорнын өңдеу барысында жергілікті жердің радионуклидті ластану орын алған жоқ. Алайда, 2006 ж. жүргізілген жұмыстардың нәтижелері бойынша $^{239+240}Pu$ жоғары құрамы орын алған нүктелер анықталған жоқ. Бұл, кенорны аумағындағы радиоактивті іздің өтуі жайлы айтылған болжамды жанама түрде нақтылайды.

Кенорнының ядролық жарылыстар өткізілген жерге жақын орналасуы жағдайында тау жыныстары мен рудаларының радиациялық параметрлерінің уақытша өзгеруі орын алуы мүмкін, ол жерасты сулары арқылы радионуклидтердің жылыстауы және барлау барысында анықталмаған ауытқулар есебінен болуы мүмкін. Аталған процестерді бақылау үшін, табиғи және техногенді радионуклидтердің тиесілі белсенділігін анықтау бойынша одан әрі гамма-спектрометриялық талдама жасау үшін тау жыныстары мен рудаларының сынамаларын іріктеп алу жұмыстары жүргізілуде. Рудалар мен орналастырылатын жыныстардың сынамаларын зертханалық зерттеу нәтижелері төмендегі кестеде көрсетілген (9-кесте).

9-Кесте

Рудалар мен орналастырылатын жыныстардың сынамаларын зертханалық зерттеу нәтижелері

Радионуклид	2006	2007	2008	2009
	Тиесілі белсенділіктің орташаландырылған мәні (минималды – максималды), Бк/кг			
^{40}K	390 (200-810)	-	75 (29-140)	390 (80-780)
^{226}Ra	23 (16-38)	76 (22-390)	19 (7-32)	95 (50-220)
^{232}Th	21 (14-34)	21 (5-130)	4 (2-7)	36 (25-59)
^{210}Pb	120 (86-170)	-	-	-

Радионуклид	2006	2007	2008	2009
	Тиесілі белсенділіктің орташаландырылған мәні (минималды – максималды), Бк/кг			
^{241}Am	< 0,4	< 2	< 1	< 1
^{137}Cs	< 0,5	20 (<0,7-39)	< 1	1,9 (<1-5)
^{90}Sr	-	7 (<2-11)	-	-
^{60}Co	< 1	< 3	< 2	-

Рудалар мен орналастырылатын жыныстардағы табиғи радионуклидтердің құрамы аталған тау жыныстары үшін лайықты мәннен аспайды. ^{90}Sr, ^{137}Cs техногенді радионуклидтерінің орын алуы өзіне назар аудартады. Бұл, қазып шығару технологиясына байланысты, экскаватормен аршылған жыныстарды алу барысында рудаға, аталған радионуклидтердің орын алғаны анықталған күндізгі жер бетінің телімдері түсу мүмкіндігіне байланысты.

Сонымен қатар, аталған зерттеулер шеңберінде, радиоактивті ластануы мүмкін деген жорамалмен кенорнынан алынған өнімдерге ішінара радиациялық бақылау жүргізілуде. Дайын өнімнің сынамаларын зертханалық зерттеу нәтижелері төмендегі кестеде келтірілген (10-кесте).

10-Кесте

Дайын өнімнің сынамаларын зертханалық зерттеу нәтижелері

Радионуклид	2007	2008	2009
	Тиесілі белсенділіктің орташаландырылған мәні (минималды – максималды), Бк/кг		
^{40}K	-	250 (23-480)	270 (200-350)
^{226}Ra	34 (22-71)	14 (4-54)	22 (10-30)
^{232}Th	10 (<2-15)	8 (2-18)	10 (4-15)
^{241}Am	< 2	< 1	< 1
^{137}Cs	< 2	< 1	< 1
^{238}U	-	< 8	-
^{60}Co	< 2	< 3	-

Зертханалық зерттеулер нәтижесінен аталған өнімнің радиоактивті ластанбағаны байқалды және еш шектеусіз пайдаланылуға болады.

Осылайша, зерттеліп жатқан аумақтың топырағындағы табиғи радионуклидтердің шоғырлануы аталған ауданның (таулы жыныстардың граниттік түрі басым) табиғи аясына сәйкестігі байқалды.

Техногенді радионуклидтердің құрамы ауқымды түсулердің аясымен салыстырмалы түрде және ядролық сынақтарды өткізуға байланысты, $^{239+240}$Pu бойынша сәл ғана

жоғарылауды алмағанда, ол күндізгі жер бетінің кейбір нүктелерінде белгіленген. Бұны «Тәжірибе даласы» ал. жерүсті ядролық жарылыстардың іздерінің шеткі бір бөлігінің әсер етуімен түсіндіруге болады.

4.3. Ауа ортасының жай-күйі

Аумақтың ядролық жарылыс өнімдерімен радиоактивті ластануы тек ішкі сәулелену қаупін тудырады. Кенорнын өңдеу барысында радионуклидтердің ингаляциялық түсуі негізгі болып табылады, ол геологиялық барлау, таудағы және құрылыс жұмыстарын жүргізу барысында топырақ қабатының бұзылуы есебінен шаңның пайда болуымен шартталған. Кенорнының ашық өңделуі мен жұмыс аймағының толассыз ауаны желдетуге байланысты, жұмыс аймағының ауасындағы радионуклидтердің шоғырлануы белгілі бір жағдайда ішкі түсуден қызметкерлердің сәулелену дозасының қалыптасуына қомақты үлесін енгізуі мүмкін. Бұл жағдайлар табиғи факторларға (шаңды борандар және т.б.) байланысты туындауы мүмкін, оның нәтижесінде ядролық жарылыстар өткізілген жерлерден радиоактивті өнімдердің атмосфералық ауаға түсуі мүмкін.

Атмосфералық ауаның сынамаларын зертханалық зерттеу нәтижелері төмендегі кестеде берілген (11-кесте).

11-Кесте

Атмосфералық ауаның сынамаларын зертханалық зерттеу нәтижелері

Радионуклид	РЖКОБ$_{тұрғ}$ (РҚН-99), Бк/м^3	2005	2006	2007	2008	2009
		Көлемдік белсенділігі, Бк/м^3				
^{40}K	31	< 1,5*10^{-5}	< 4*10^{-5}	-	-	-
^{226}Ra	0,03	< 1*10^{-5}	< 1*10^{-5}	-	-	-
^{232}Th	4,9*10^{-3}	< 2*10^{-6}	< 1*10^{-5}	-	-	-
^{210}Pb	0,11	< 3*10^{-4}	< 4*10^{-3}	-	-	-
^{241}Am	2,9*10^{-3}	< 2*10^{-7}	< 4*10^{-7}	< 7*10^{-7}	< 2*10^{-4}	< 1*10^{-6}
^{137}Cs	27	< 1*10^{-6}	< 3*10^{-6}	< 1*10^{-6}	< 1*10^{-5}	< 1*10^{-6}
^{90}Sr	2,7	-	-	< 5*10^{-6}	-	-

Өткізілген зерттеулер нәтижесі бойынша, кезең бойында ауа ортасындағы техногенді радионуклидтердің табиғи ортада орын алуы байқалған жоқ.

Кенорнының аумағында су буларының сынамаларын алу тікелей зумпфтың жанында жасалды, ол жердегі ауада тритийдің құрамы көбірек күтілген болатын. Сынамалардың бір бөлігі қызметкерлер ұзақ жүретін тұрғын және өндірістік жайлардан іріктеп алынды. Ауадағы тритийді анықтау нәтижелері төменде кестеде келтірілген (12-кесте).

12-Кесте

Атмосфералық ауаның сынамаларын зертханалық зерттеу нәтижелері

Радионуклид	РЖКОБ$_{тұрғ}$ (РҚН-99), Бк/м^3	2005	2006	2007	2008	2009
		Көлемдік белсенділіктің орташаландырылған мәні (минималды – максималды), Бк/м^3				
^{3}H	1900	9,3 (2-25)	3,8 (0,5-13)	24 (33-234)	6,3 (<0,1-42)	9,6 (<0,1-165)

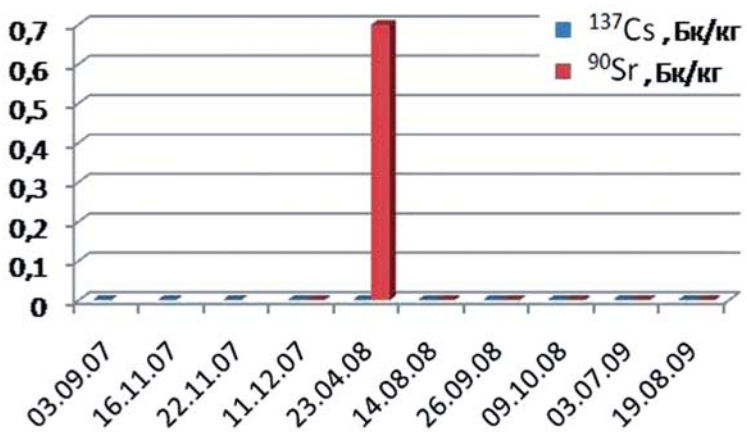
2007 жылы басқа жылдарға қарағанда тритийдің шоғырлануының жоғарылауы сынамаларды желсіз ауа райында алуға байланысты. Алайда, бұл мәндер басқа жылдары 1900 Бк/м^{3}болған тритийдің орташа жылдық белсенділігінен көп төмен.

Ауа сынамасындағы табиғи және техногенді радионуклидтердің көлемдік белсенділігін анықтау бойынша жасалған зертханалық зерттеулердің нәтижелері тұрғындарға арналған демалатын ауадағы орташа жылдық рауалы тиесілі белсенділіктен бірнеше есе төмен деңгейде екенін көрсетті және радиациялық қауіп тудырмайды.

Атмосфералық ауадағы тритийдің шоғырлану мәні тритийдің тұрғындарға деген рауалы орташа жылдық көлемдік белсенділігінен аспауы тиіс. Алайда, жерасты және карьердің дренажды суларындағы (50 кБк/кг-ңға дейін) тритийдің қомақты мәнін ескере отырып, белгілі бір ауа-райында, мысалы желсіз ауа райында кенорнының жұмыс аймағындағы атмосфералық ауасына тритийдің қомақты түрдегі көлемі түсу мүмкіндігі жоққа шығарылмайды.

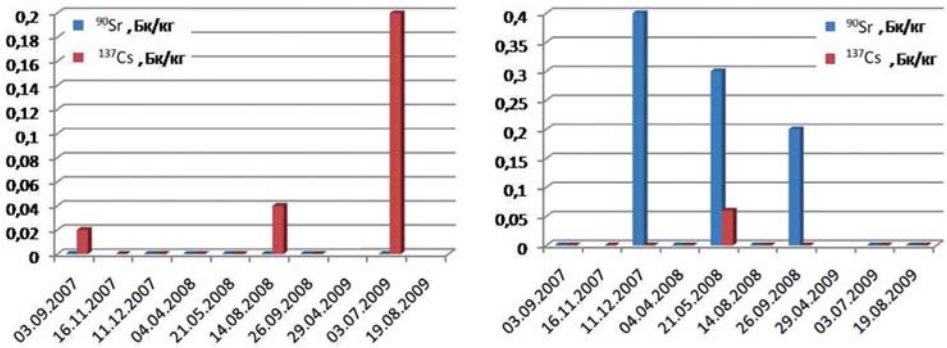
4.4. Жерүсті және жерасты суларының техногенді радионуклидтермен ластануын бағалау

Кенорнындағы жерасты және жерүсті суларының мониторингілеудің негізгі бекеттері, Г-103 және Г-105 гидрогеологиялық ұңғымалары, карьердің зумпфы және УГ-1 буландырғыш-тоған болып табылды. Судың сынамалары стандартты әдіс бойынша герметик полиэтилен ыдыстарға жиналды. Зертханалық пластик бір реттік пайдалануға арналған ыдыстарға сынамалар салынды, толтырмастан бұрын үш реттен кем емес пласты сумен шайылды. ^{137}Cs, ^{90}Sr және $^{239+240}$Pu техногенді радионуклидтерін анықтауға арналған сынамалар көлемі 10 л кем болған жоқ, ал ^{3}H анықтауға 1,5 л-ді құрады. ^{137}Cs, ^{90}Sr анықтау бойынша жерүсті сулары сынамаларының зертханалық зерттеу нәтижелері төмендегі суретте көрсетілген (8-сурет).



8-Сурет. Карьер суларындағы (зумпфтағы) ^{137}Cs және ^{90}Sr құрамы

^{137}Cs, ^{90}Sr анықтау бойынша жерасты сулары сынамаларының зертханалық зерттеу нәтижелері төмендегі суретте көрсетілген (9-сурет).

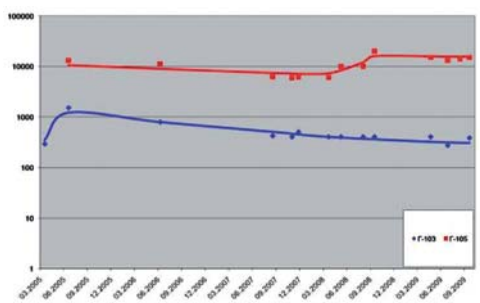


а б

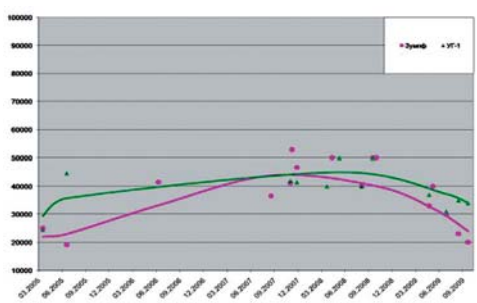
9-**Сурет.** Жерасты суларындағы ^{137}Cs және ^{90}Sr құрамы а) Г-103 ұңғымасы; б) Г-105 ұңғымасы

Зертханалық зерттеулер нәтижелерінің талдамасынан, судың жеке сынамаларында араласу деңгейінен ^{137}Cs, ^{90}Sr техногенді радионуклидтерінің көп төмен мөлшерде жеке бір су сынамаларында орын алуымен сипатталады (РҚН-99, ^{137}Cs - 11 Бк/кг, ^{90}Sr – 5 Бк/кг). Алайда, кенорнының ауданында олардың орын алуы қосымша, прецизионды зерттеулерді өткізуді қажет етеді. Судың бірнеше сынамаларын іріктеу барысында $^{239+240}$Pu техногенді радионуклидінің құрамы анықталды. Нәтижесінде, судағы $^{239+240}$Pu шоғырлануы 2 мБк/кг-ны құрайтын, анықтау шегінен төмен екені анықталды.

Жерасты және жерүсті суларының негізгі ластаушысы тритий болып табылады. Су сынамаларының көбінде тритийдің шоғырлануы араласу деңгейінен бірнеше есе жоғары, 7700 Бк/кг (РҚН-99) құрайды.



10-Сурет. Жерасты суларындағы тритийдің шоғырлану қарқыны



11-Сурет. Жерүсті суларындағы тритийдің шоғырлану қарқыны

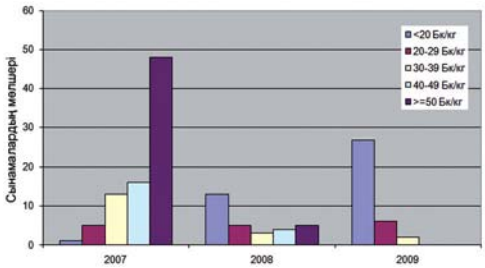
Жерасты суларындағы тритийдің шоғырлануы бақылау кезеңінде мүлде өзгеріссіз болды. Сонымен қатар, карьердің жерүсті суларындағы тритийдің тиесілі белсенділігі еріген сулармен араласу деңгейімен және атмосфералық жауын-шашындармен, тритиймен ластанған жерасты суларымен және атмосфералық жауын-шашынның мөлшеріне байланысты. Жауын-шашынның мөлшері аз болған кездегі орташа жылдық шоғырлануы ұлғаяды және керісінше де болады.

5. ҚЫЗМЕТКЕРЛЕРДІ ДОЗИМЕТРЛІК БАҚЫЛАУ

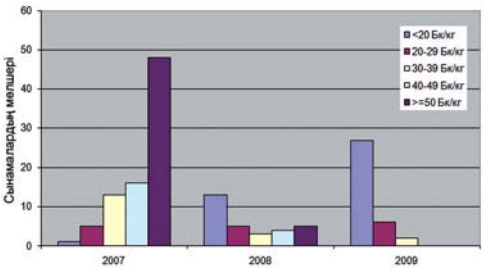
Жеке дозиметрлік бақылау ДТЛ-02 дозиметрлерімен іске асады, олар сыртқы гамма-сәулеленуден түскен экспозициялық дозаны белгілейді. Жеке дозиметрлер разрездің қызметкерлеріне берілді, олар өз қызметтік лауазымдарына байланысты өндірістік аймақта уақытының максималды мөлшерін өткізеді. Бұл жерде айта кететін жайт, «Үлбі-ФторКешен» ЖШС қызметкерлері «А санаты» қызметкерлеріне жатпайды және жеке дозиметрлік бақылаудан өту олар үшін міндетті емес. Алайда, «Дегелең» алаңының аумағында ластанған телімдердің орын алуы және оларға еркін ену мүмкіндігі болғандықтан, зерттеу барысында анықталмаған радиоактивті ластану көздері ошақтарының болу мүмкіндігіне байланысты, аталған бақылау түрін өткізу қажеттілігін тудырады.

Алынған нәтижелер бойынша, сыртқы гамма-сәуле шығарудың тиімді дозасы табиғи аядан жиынтықталған және техногенді радионуклидті ластанудың әсер ету мүмкіндігі, жылына 1 мЗв аспағанын көрсетті. РҚН-99 бойынша, табиғи аядан түсетін тиімді доза реттелмейді, ал техногенді көздерден жылына 1 мЗв аспауы тиіс. Бұл жағдайда РҚН-99 реттейтін рауалы мәндердің жоғарылауы болған жоқ.

Тритийдің ішкі сәулелену есебінен дозаны есептеу сәйкесінше орындалды [1]. Бұл үшін, кенорнында қамтылған қызметкерлердің несебіндегі тритийдің тиесілі белсенділігін анықтау жұмысы өткізілді (13-сурет).



12-Сурет. Қызметкерлерге жеке дозиметрлік бақылау жасаудың нәтижелері



13-Сурет. 2007-2009 жж. уриналардың сынамаларынан тритийді анықтаудың нәтижелері

2007–2008 жж. анықталған, тритийдің мәнінің бірнеше есеге жоғарылауы, сынаманы алдын ала дайындамастан және дистилляциямен, несептегі тритийді анықтаудың түрлі әдістемесін пайдалануға байланысты. Қолданып жатқан әдістеме барысында сынаманы алдын ала дайындамастан, есептеу жылдамдығына үлесін несепте орын алған табиғи радионуклидтер және люминофорлар енгізе алуы мүмкін. Осылайша, талдаманың нәтижесі жоғары болып отырды. Сынаманы алдын ала дайындамастан және дистилляция процедураларын өткізген соң, кедергі келтіретін радионуклидтердің үлесі есептен шығарылып отырды, ол өз кезегінде талдамалардың нақтырақ нәтижелерін алуға мүмкіндік берді.

Қаражал кенорнындағы жұмыстарда қамтылған жұмыскерлердің ішкі сәулелену дозасын есептеу нәтижелері төменде кестеде келтірілген (13-кесте).

13-Кесте

Ағзаға тритийдің түсуі есебінен ішкі сәулелену дозасын есептеу және уринаның сынамаларын зертханалық талдау нәтижелері

Талдамаланатын құрауыш	2007	2008	2009
	Орташаландырылған мән (минималды – максималды)		
несептегі ^{3}H, Бк/кг	65 (17-1160)	53 (10-300)	16 (10-60)
сәулелену дозасы, мЗв/жыл	$9,7*10^{-5}$ ($2,6*10^{-5}$-$1,7*10^{-3}$)	$7,9*10^{-5}$ ($1,5*10^{-5}$-$4,5*10^{-4}$)	$2,3*10^{-5}$ ($1,5*10^{-5}$-$9,0*10^{-5}$)

Келтірілген деректерден байқағанымыздай, қызметкерлердің ингаляциялық түсу есебінен тритиймен қайта сәулеленуі қай тәсілде болмасын орын алмаған. Демалатын ауамен түсетін тритий сыртқы және ішкі сәулеленудің жылдың жиынтық тиімді дозасына 1 мЗв-ке тең, тұрғындарға арналған рауалы доза шегінен 0,1% кем емес үлес қосады.

6. НӘТИЖЕЛЕРДІ ТАЛҚЫЛАУ

Өткізілген зерттеулердің нәтижесінде, техногенді радионуклидтердің құрамы кенорны аумағының күндізгі бетінде негізінен, ауқымды түсулерге байланысты және, мүмкін «Дегелең» және «Сары-Өзен» ядролық сынақ өткізулер барысындағы штаттан тыс болған радиациялық сынақтармен шартталуы мүмкін.

Қазіргі уақытта екінші қайта радиоактивті ластанудағы ықтимал көздері болып, «Дегелең» және «Сары-Өзен» алаңдарында орналасқан, радиоактивті ластанудың ауқымды телімдері болуы мүмкін.

Топырақ жамылғысындағы табиғи радионуклидтердің құрамы аталған жерлердің топырағына ұқсас. Техногенді радионуклидтердің орын алуы, олардың шоғырлануының ауқымды түсулердің аясымен салыстырмалы түрде.

Техногенді радионуклидтердің ауа ортасы нысанында орын алуы байқалған жоқ. Нысанның ауа ортасындағы тритийдің құрамы, «Дегелең» алаңы үшін ұқсас болып табылатын, радиациялық қауіпсіздік нормаларымен бекітілген (РҚН-99) рауалы мәннен аспайды. Алайда, белгілі бір жағдайда тритийдің дозалық жүктемесіне үлесі қомақты болуы мүмкін.

Өлшеудің барлық нүктелеріндегі радиациялық параметрлер мәні, көбіне өзгеріссіз қалады. Жабдықтардың, көлік құралдарының, қызметкерлер тұратын тұрғын-жайлардың беткі жұмыс қабатының радиоактивті ластануы тіркелген жоқ.

Негізгі шешілмеген мәселенің бірі кенорнының шекараларына техногенді радионуклидтермен ластанған жерүсті және жерасты суларының түсуі болып табылады. Қаражал кенорны аумағында таралған, жерасты дренажды және жерүсті суларының негізгі радиоактивті ластаушысы болып, шығу тегі техногенді радионуклид – тритий болып табылады. Аталған ластанудың сипаттық ерекшелігіне олардың жерасты суларындағы ортақ орын алуы жатады.

Дегелең массивіндегі штольняларда ЖЯЖ өткізу 1989 ж. тоқтатылуына байланысты, қазіргі уақытта «ұзақ өмір сүретін» радионуклидтердің ғана мәні бар, олардың

ішінде биологиялық маңызды (қауіпті) дегендерден - ^{3}H, ^{90}Sr, ^{137}Cs және $^{239+240}$Pu төрт радионуклидтері есептеледі, олардың жинақтаған мөлшері ең үлкен болып табылады. Соңғы уақытта зерттеушілердің назарына қосымша техногенді радионуклидтер - ^{241}Am, ^{238}Pu, ^{241}Pu, ^{36}Cl, ^{99}Tc және т.б. радионуклидтер ілігуде, алайда қазіргі уақытта аталған жұмыстар оларды қарастыру шегінен тыс жерде қалып отыр.

^{3}H радионуклиді орналастырғыш жыныстармен сіңірілмейді және осыған байланысты, бақылауларды бастағанға дейін сынақтар өткізетін жерден карьердің аумағына дейінгі жолды өтті. Алайда, іріктеп алудың түрлі нүктелерінде олардың шоғырлану қарқыны белгіленбесе де, ^{3}H құрамының жалпы өсуі жерүсті және жерасты суларында байқалған жоқ. Мүмкін бірнеше жылдан соң, ыдырау процесстеріне байланысты тритийдің шоғырлануының төмендеуі байқалатын болады.

$^{239+240}$Pu ауадағы және жерүсті ядролық жарылыстар барысында ерекше қатер тудырады. Дегелеңде өткізілген жерасты сынақтары барысында бүкіл плутоний тау жынысының ерітіндісіне өтті, ол өз кезегінде қазандық қуысында орналасқан шыны тәріздес массаны құрайды. Сол жерде ^{90}Sr мен ^{137}Cs шамамен 70% жатыр.

Радионуклидтердің бұл көздері жарылыстан кейінгі он жылдың ішінде радиациялық жағдайдың қалыптасуына қомақты үлес қоспайды, себебі оның сілтіленуі өте баяу жүреді. Жарылыс барысында пайда болған радионуклидтердің екінші көзі болып, радиоактивті аэрозолды-шаңды құрауыш болып табылады, ол бөлшектенген жыныста бұзылған бағанда қазандық қуысының үстінде және қуыстың маңайындағы сызаттық аймақтың сызаттарында ошақталған. Жарылыстан кейін пайда болған бұл көзде пайда болған барлық тритий және ^{90}Sr мен ^{137}Cs шамамен 30% орын алған, олар топырақасты сулардың әсерімен және атмосфералық жауын-шашын арқылы өтіп, қоршаған ортада белсенді түрде жылыстайды және таралады.

Қаражал кенорнының карьері, 151, 152 және 511 штольнялардан келетін жерасты суларын ұстап қалатын көлденең жасанды су сақтағыш тәріздес. Осы штольнялардың әрбірінде қуаты 20 кт болатын ядролық сынақтар өткізілді және ~10^{15} Бк тритий мен ~10^{14} Бк ^{90}Sr және ^{137}Cs жинақталды. Бұл штольнялардың сызаттығы мен бөлшектеу аймағынан тритийдің шығуы, карьердің дренажды суындағы оның жоғары дәрежеде шоғырлануына себеп болды. Бұл сулардағы ^{90}Sr және ^{137}Cs маңызды мәні әлі байқалмайды, себебі аталған радионуклидтер су жүретін арналардың қабырғаларында сіңірілетіндіктен тритийден баяуырақ қозғалады және 151, 152, 511 штольнялары мен карьер арасындағы жыныстар шығырының сіңіргіштік сыйымдылығы әлі сарқылмаған.

Аталған жыныстар шығырдың цезиймен және стронциймен толатын уақытын дәлме-дәл бағалау мүмкін емес, себебі Дегелең таулы массивінің ішкі құрылымы, жыныстардың сүзгілеу және сіңіру қасиеттері, судың жылыстау арналары жайлы ақпарат жеткіліксіз. Осылайша, карьерде ^{90}Sr және ^{137}Cs пайда болу мүмкіндігі жоққа шығарылмайды – бұл жақын болашақтың ісі. Егер, бұл жағдай орын алса, кенорнының радиоактивті ластану көрінісі едәуір өзгереді. Қызметкерлердің киімі мен аяқ киімдері, құрал-саймандар, техника жуылмайтын ластануға ұшырайды да, сыртқы сәулелену көзіне айналады, кенорнының өнімдері радиациялық қауіпсіздік талаптарын қанағаттандыруды тоқтатады және одан әрі өңдеуге жарамсыз болып қалады.

Кенорнының болашағы екі – оптимистік және пессимистік даму нұсқасымен өрби алады. Бірінші нұсқа бойынша кенорнының қорлары карьерге түсетін техногенді

радионуклидтер жерасты суларында қомақты көлемде пайда болғанға дейін ертерек өңделіп болады. Екінші нұсқа бойынша – Дегелең таулы массиві мен карьердің борты арасында арнайы қорғағыш нысандар – дренажды өңдеулер немесе сүзгілеуге қарсы бүркеме қою қажеттігі туындайды. Бұл өте қымбат шара және ол экономикалық жағынан шынайы радиациялық қауіпсіздік қатері туындаған жағдайда ғана тиімді болуы мүмкін.

Кенорнын әзірлеу барысында карьерді тереңдету іске асады. Өңдеудің аяғындағы жобалық тереңдік 70 м жететін болады. Осылайша, кенорнының аумағындағы сызаттық сулардың бассейнінде қомақты көлемдегі депрессионды шұңқыр пайда болады, ол карьерге жерасты суларының сүзгілеу жылдамдығын ұлғайтуға алып келеді және жерасты ядролық сынақтары өткізілген жерлерден ^{90}Sr және ^{137}Cs жылжуы жылдамдайды.

Қосымша радиоэкологиялық зерттеулер өткізу үшін, кенорнының шекарасына жерасты суларымен техногенді радионуклидтердің түсу процессін зерттеу мақсатында бақылаушы ұңғымалар желісін құру қажет. Ұңғымалардың орнын анықтау бойынша ұсыныстарды әзірлеу барысында сүзгілеу ағымының кеңістіктегі құрылымын ескеру қажет. «Дегелең» алаңындағы техногенді радионуклидтердің жылыстауына жүргізілген радиоэкологиялық зерттеулердің нәтижелері бойынша жерасты және жерүсті ағын суларымен іске асады.

«Дегелең» сынақ алаңының шегінде дамыған жерасты сулары, үш түрлі типтермен келтірілген:

- Сызаттық–қыртысты типтегі жерасты сулары, интруззивті массив құрайтын, кристаллды жыныстардың экзогенді желдетуші аймағына сабақтастырылған. Жауын-шашын шөгінділері орын алған жылғалар жазығында жабылған, тұтас жамылғы құрайды;
- Сызаттық-желілік түрдегі жерасты сулары, жоғары өтімділігі бар омырулар аймағы бойынша айналып жүретін;
- Тесікті-қыртысты сулар, жылғалардың жазығын толтыратын, қопсытылған шөгінділерде ауқымды тараған. Жылғалардың арнаасты және жерүсті суларымен тікелей байланысқан, сайлар мен жыралардың еңістеріне сәйкес келетін ағынның сипаты бар.

Дегелең массиві жағынан өңделіп жатқан карьерге жерасты суларымен радионуклидтердің түсу мүмкіндігін бағалау үшін төмендегілер ұсынылады:

1. Сызаттық-қыртысты түрдегі жерасты суларымен радионуклидтердің кеңістіктегі таралуын бағалау үшін, карьердің қапталынан шамамен 50 м аралықта жерасты суларының ағымына көлденең 200-250 м желі бойынша 5 ұңғыманы бұрғылау қажет.
2. Сызаттық-желілік түрдегі жерасты суларымен радионуклидтердің түсуін бағалау үшін, рудалық дене шегінде оңтүстік-шығыс жағынан омырылу аймағы бойынша 1 ұңғыма бұрғылау қажет.
3. Қарабұлақ жылғасының арнаасты суларының ластануын бағалау үшін, Дегелең массиві бағытында карьердің қапталынан 50, 150 және 250 м аралығында жылғаның арнасы бойымен 3 ұңғыма бұрғылау қажет.

Режімдік-гидрогеологиялық ұңғымалар кенорнының сулы көкжиектің таралу тереңдігі шегінде (45 м дейін) бұрғылануы тиіс, қадағалау-бақылаушы ретінде тереңдігі 20 м дейін ұңғымаларды пайдалануға болады.

ҚОРЫТЫНДЫ

Осы жұмыста Қаражал кенорны ауданында жүргізілген радиоэкологиялық зерттеулердің келтірілген нәтижелері кенорнының аумағындағы қазіргі уақыттағы радиациялық жай-күйге баға беруге мүмкіндік берді.

Радиациялық бақылау жөніндегі бірқатар мәселелер бойынша аталған телімдегі жағдай қазіргі уақытта қолайлы.

Сыртқы және ішкі сәулеленудің қауіптілігін анықтайтын (ЭДҚ, α- және β-бөлшек ағымының тығыздығы) радиациялық параметрлердің мәні, РҚН-99 регламенттейтін рауалы деңгейден аспайды. Табиғи және техногенді радионуклидтердің топырақтағы құрамы табиғи деңгейге және ауқымды түсулер аясына сәйкес. Сол себепті, радиоэкологиялық мониторинг бойынша жұмыстарды жүргізу барысында аталған жұмыс түрлері жабылмайтын болса, қомақты түрді қысқарту ұсынылады.

Қызметкерлердің сыртқы гамма-сәуле шығарудан алған дозасы, РҚН-99 регламенттейтін рауалы деңгейден аспайды. Ауадағы техногенді радионуклидтердің құрамы демалатын ауада РҚН-99 регламенттейтін, тұрғындарға арналған жылдық орташа деңгейден бірнеше есе төмен.

Негізгі көкейтесті мәселенің бірі техногенді радионуклидтермен ластанған жерасты суларының, оның ішінде шоғырлануы 50 кБк/кг болатын тритийдің кенорнының шекараларына түсуі. Тритийдің ингаляциялық жолмен түсуінен қызметкерлерге түсетін дозалық жүктемелердің шамасы жайлы мәселелер қосымша зерттеуді талап етеді. Осыған байланысты бақылаудың көлемін ұлғайту қажет, сонымен қатар рудникте болған уақытты, жұмыс орнын және т.б. ескере отырып алынатын дозаға баға беру қажет.

Жерасты және жерүсті суларындағы ^{137}Cs және ^{90}Sr құрамы, шоғырлану іздері түрінде байқалады, ол анықтау шегіне жақын және араласу деңгейіне едәуір төмен, $^{239+240}Pu$ байқалған жоқ. Сонымен қатар, кенорнындағы карьерге жерасты суларымен ластанған техногенді радионуклидтердің түсуіне шынайы болжам жасау қазіргі уақытта мүмкін болмай отыр. Осыған байланысты, іріктеп алынатын сынамалардың саны, сонымен бірге жаңадан бұрғыланған ұңғымалардан алынған сынамалар көлемін ұлғайту қажет. Басқаша жағдайда, бұл техногенді радионуклидтердің бақылаусыз түсуінен, кенорнына ластанған өнімдердің, технологиялық жабдықтар, техниканың және т.б., сонымен қатар қызметкерлердің қайта сәулеленуіне алып келеді.

Бұл мақаланың авторлары «Үлбі-ФторКешен» ЖШС қызметкерлеріне, аталған жұмыс барысындағы көмегі үшін, кенорнының инженерлік-гидрогеологиялық сипаттамасы бойынша есептік және нақты материалдарды ұсынғаны үшін рахмет айтады және Хромыков Евгенийге ерекше алғысын білдіреді.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. 1998 – 2000 жж. «Қаражал» кенорнында орындалған, ҚОӘБ әзірлеген гидрогеологиялық және инженерлік-геологиялық нәтижелерінің есебі – «ҮМЗ» ЖШҚ, 2000.
2. *Старков В.Д.* Радиациялық экология / В.Д.Старков, В.И. Мигунов. – Тюмень: ФГУ ИПП, 2003. – 304 с.
3. *Логачев В.А.* Семей полигонында өткізілген ядролық сынақтардың зардабы және Шығыс - Қазақстан облысының аумағындағы қазіргі радиологиялық жағдай/ В.А. Логачев // Қазақстан Республикасындағы ядролық энергетика: ғылыми-іс тәжірибелік конф. материалдары – Курчатов, 2007.
4. Семей сынақ полигоны аумағындағы «солтүстік» бөлігінің радиоэкологиялық жай-күйі. «Қазақстан радиоэкологиясының өзекті мәселелері» – 1-Шығ – Курчатов, 2010.
5. «Бұрыңғы Семей ядролық полигонының қоршаған ортаға әсер етуін кешенді бағалау» ҒТБ «Қазақстан Республикасы атом энергетикасының дамуы»: 01.01.01. тапсырмасы шеңберінде ҚР ҰЯО РҚЭИ ғылыми-зерттеу және тәжірибелік-конструкторлық қызметі жайлы есеп – Курчатов: ҚР ҰЯО РҚЭИ, 2006.
6. Семей сынақ полигоны. Қазіргі ахуалы: ғылыми-танымал басылым. – Павлодар: Баспа Үйі, 2008. – 40 б.
7. Қазақстанда Атом Энергетикасының Дамуы: 1999-2003 жж. қорытынды есебі – Алматы: ҚР ҰЯО ЯФИ, 2003.
8. International Commission on Radiological Protection, Individual Monitoring for Internal Exposure of Workers (Revision of ICRP Publication No. 54) Publication No. 78, Ann. ICRP 27 3-4, Elsevier Science Ltd. – Oxford, 1997.

РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ТЕРРИТОРИИ ФЛЮОРИТОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАРАДЖАЛ

А.О. Айдарханов, С.Н. Лукашенко, С.Б. Субботин, В.И. Эдомин

В настоящей работе представлены данные многолетних радиоэкологических исследований на территории месторождения флюоритов Караджал, расположенного в непосредственной близости от мест проведения подземных ядерных взрывов на Семипалатинском испытательном полигоне. Установлено, что содержание техногенных радионуклидов на дневной поверхности территории месторождения обусловлено, в основном, глобальными выпадениями. Значения радиационных параметров, содержания радионуклидов в грунтах, воздухе, продукции месторождения не представляют опасности. Радиоактивного загрязнения оборудования, транспортных средств, помещений пребывания персонала не зафиксировано. Основным проблемным вопросом является поступление к границам месторождения подземных вод, загрязненных тритием с концентрацией, превышающей уровень вмешательства в несколько раз. Также в подземных водах отмечены следы присутствия радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr. При дальнейшей разработке месторождения не исключено увеличение поступления в карьер этих радионуклидов. Даны рекомендации по созданию сети наблюдательных скважин с целью получения достоверного прогноза развития радиационной обстановки на месторождении.

Ключевые слова: месторождение, площадка "Дегелен", гидрогеология, радионуклидное загрязнение, мониторинг, подземные ядерные взрывы.

RADIOECOLOGY OF TERRITORY OF KARADZHAL FLUORITE DEPOSIT

S.A. Aidarkhanov, S.N. Lukashenko, S.B. Subbotin, V.I. Edomin

This paper presents multi-year radio-ecological research in the territory of Karadzhal fluorite deposit, located in the immediate vicinity of the underground nuclear explosions at the Semipalatinsk test site. It was determined that the content of artificial radionuclides in the surface area of the deposit is due to, mainly, global fallout. The values of radiation parameters, the content of radionuclides in soil, air, products of the deposit are safe. No radioactive contamination of equipment, vehicles, and premises for the staff was found. Main problematic issue is flow of groundwater contaminated with tritium to the boundaries of the deposit. The tritium concentration exceeds the intervention level several times. Also traces of radionuclides ^{137}Cs and ^{90}Sr in groundwater were found. With further development of the deposit we can not exclude the possibility of increase of radionuclides inflow into this deposit. There were given recommendations on creation of network of observation wells in order to obtain a reliable forecast of the radiation environment at the deposit.

Key words: deposit, "Degelen" test site, hydrogeology, radionuclide contamination, monitoring, underground nuclear explosions.

БӨЛІМ: ССП-ғы АРНАЙЫ ЗЕРТТЕУЛЕР

УДК 577.4:577.391:621.039.566:504.064:539.16

ӨСІМДІКТЕРДІ БҰРЫНҒЫ «ДЕГЕЛЕҢ» СЫНАҚ АЛАҢДАРЫНДАҒЫ ШТОЛЬНЯЛАРДЫҢ ПОРТАЛАЛДЫ АЛАҢДАРЫНЫҢ ЖЕРБЕТКІ РАДИОАКТИВТІ ЛАСТАНУ ИНДИКАТОРЛАРЫ РЕТІНДЕ ПАЙДАЛАНУ

Н. В. Ларионова, С. Н. Лукашенко, В. Н. Дмитропавленко, Б. М. Сұлтанова, Е. В. Мустафина, Ю. Ю. Яковенко

Мақалада бұрынғы «Дегелең» сынақ алаңдарындағы кейбір штольнялардың порталалды алаңдарының ауданындағы өсімдік жамылғысы мен оның радиоактивті ластану сипатын зерттеу нәтижелері ұсынылған. Өсімдіктерді порталалды алаңдардағы жербеткі ластанудың индикаторлары ретінде қолдану мүмкіндігі бағаланған.

Түйін сөздер: ядролық сынақтар, штольнялар, радиоэкология, радиоактивті ластану, радионуклидтер, өсімдік жамылғысы, өсімдіктер, жинақталу коэффициенті (Жк).

КІРІСПЕ

Семей сынақ полигоны қызмет істеп тұрған уақытта «Дегелең» тәжірибелік-сынақ алаңы көлденең тау жыныстарында – штольняларда жерасты ядролық сынақтары өткізілетін орын болды. Одан кейін штольняның порталын жабу жұмыстары және қалпына келтіру жұмыстарының бірқатар жұмыстары жүргізілді, соған байланысты орын алған кейбір радиоактивті ластанулар техногенді топырақ үйіндісінің астында қалды.

Қазіргі уақытта штольнялардың порталалды телімдерінде көп жағдайда беткі радионуклидті ластануы жоқ, алайда топырақтың қабаттарының тереңірек орналасқаны жайлы ақпарат жеткіліксіз. Аталған телімдердің беткі ластану мүмкіндігі жайлы деректердің индикаторлары ретінде топырақтан радионуклидтерді жинақтауға қабілетті өсімдіктер болуы мүмкін. Соңғы жылдары, «Дегелең» алаңының штольнялық жылғаларының радиоактивті аймақтарында кеңінен таралған жайылымдық биогеоценоз жағдайларында, өсімдіктердің топырақтан радионуклидті жинақтауы кең деңгейде құбылатыны анықталды. ^{90}Sr радионуклидінің жинақталу коэффициенті (Жк) мәнінің аралығы радионуклидтердің құрамының қатынасын анықтайтын өсімдік массасының бірлігіндегі топырақтың бірлігінің массасындағы радионуклидтердің құрамына арақатынасы [1], 0,1-ден 1, ^{137}Cs Жк дейін – 0,001-ден 1 (№ 177 штольнясының аумағында) дейін және 0,01 -ден 10 дейін (№ 176 штольнясының аумағында) құбылады. Жк мәні ^{241}Am орта шамамен оннан аспайды, Жк мәні $^{239+240}$Pu 0,0001-ден 0,01 дейінгі шекте жатыр [2]. Алайда жинақталудағы бір радионуклид үшін осындай айырмашылықтар болған жағдайда да, өсімдіктердегі радионуклидтердің тиесілі белсенділігін біле отыра, топырақтағы радионуклидтердің күтілетін мәнін шамамен бағалауға болады. Топырақтың беткі қабатының радиоактивті ластанумен жаппай ластануын сипаттау үшін, тамыр жүйесі тереңге кететін жақсы дамыған (ағаштар, бұталар) көпжылдық өсімдіктер ыңғайлы.

* Ботаника және фитоинтродукция институты, Алматы

1. МАТЕРИАЛДАР ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ ӘДІСТЕРІ

Зерттеулер шартты белгілері - B, P, C, N, B_1, A, F, G, O, I, E, R және Q болатын бұрынғы «Дегелең» сынақ алаңының бірнеше штольняларының порталының аумағында жүргізілді. Аумақтың өсімдік жамылғысын зерттеу өсімдіктердің түрлік құрамы мен өсімдіктердің негізгі түрлерін анықтап геоботаникалық суреттеудің жеке әдістерімен жүргізілді [3]. Зерттеліп жатқан әрбір штольняның аумағынан өсімдік сынамаларын іріктеп алу үшін 2 зерттеу алаңдары салынды, оның біреуі порталдың техногенді үйіндісінде тікелей орналастырылды, екіншісі – одан бірнеше алыстау аралықта орналасты. Өсімдік үлгілері ағаштар мен бұталардың зерттеліп жатқан жерүсті (ағымдағы жылдағы өскін) бөліктерінен тұрды. Топырақтың сынамаларын іріктеп алу штольняның порталалды телімдерінде жүргізілді және жергілікті бедер, табиғи және техногенді нысан, келер жол, сонымен қатар γ-түсіру барысында анықталған радиациялық аясы жоғары телімде жүргізілді [4]. Топырақты алу аумағы 100-200 $см^2$, тереңдігі 5 см құрады. Сынамалар жалпы және оқшауланған ластанулар барысында сынамаларды іріктеп алу талаптарына сәйкес іріктелді және салынды [5].

Топырақтар мен өсімдіктердің сынамаларындағы радионуклидтердің тиесілі белсенділігін өлшеу бойынша талдамалар тексерілген зертханалық құрал-аспапта стандартты әдістемелік көрсеткіштерге сай жүргізілді [6, 7]. ^{137}Cs және ^{241}Am радионуклидтерінің тиесілі белсенділігін анықтау Canberra GX-2020 гамма-спектрометрінде, ^{90}Sr - «Прогресс» бета- спектрометрінде (топырақ) және радиохимиялық бөлінуін пайдалануда (өсімдік) жасалды. ^{137}Cs бойынша анықтау шегі 1 Бк/кг (өсімдіктердің сынамалары үшін) және 4 Бк/кг (топырақ сынамалары үшін), ^{241}Am – 0,3 Бк/кг және 1 Бк/кг, ^{90}Sr – 1 Бк/кг және 100 Бк/кг-ны құрады. ^{137}Cs және ^{241}Am үшін өлшеу дәлсіздігі 10–20 %, ^{90}Sr – 15–25 % асқан жоқ.

^{137}Cs және ^{241}Am таралу картасын құру үшін «Кригинг» кеңістіктегі интерполяция әдісі пайдаланылды. Карталарды пайдалануға ыңғайлы болу үшін ластану деңгейінің түрлі-түсті дифференциациясы қолданылды. Барлық деректерді көрсету үшін, олардың кеңістіктегі бағыты және суреттерінің рәсімделуі тәртібіне сәйкес, ArcGis бағдарламалық өнімі пайдаланылды.

2. НӘТИЖЕЛЕР ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ТАЛҚЫЛАУ

2.1. Өсімдік жамылғысын зерттеу

Өткізілген зерттеулерден анықтағанымыз, бұрынғы «Дегелең» сынақ алаңының зерттеліп жатқан штольняларының аумағындағы өсімдік жамылғысының ценотикалық құрамы табиғи жағдайларға байланысты шартталған және ең алдымен, бедердің жазықтығының деңгейіне байланысты екенін анықтады. Барлық зерттеліп жатқан штольнялардың ауданында, негізінен дала өсімдіктері басым, олар бетеге-жусанды (бетеге, немесе шұбар бетеге (*Festuca valesiaca*), тырсық (*Stipa sareptana*) және Лессинга (*Stipa lessingiana*)) аралас қоғамдастығы мен петрофитті нұсқалар түрінде келтірілген.

Аралас шөптер арасында ортақ түрде таралғандар сарбасқурайға ұқсас ақбасқурай (*Erysimum sisymbrioides*), қазтабан айырлы (*Potentilla bifurca*) және бозарған (*Potentilla*

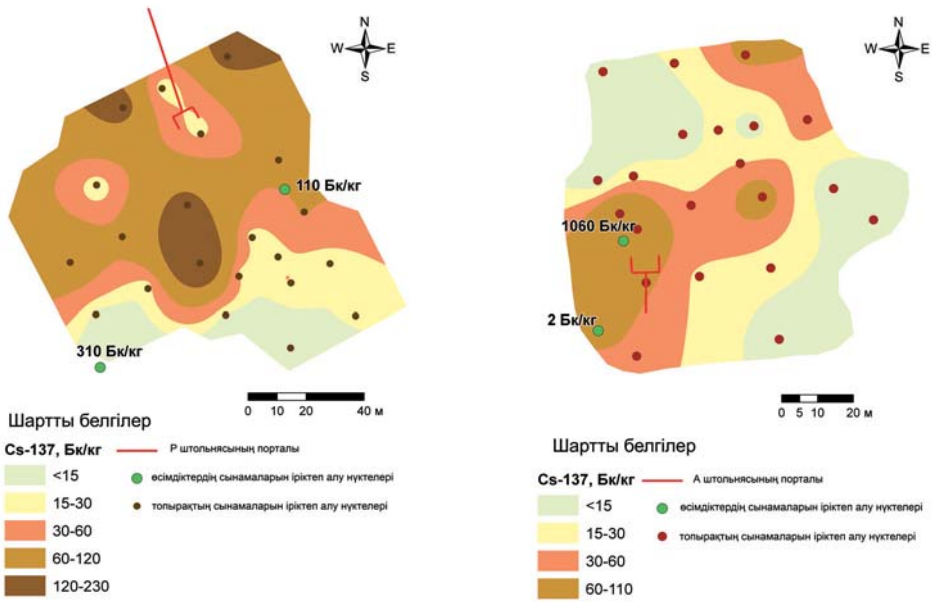
dealbata), ойранасты бореалды (*Galium boreale*), фломис тамыртүйнекті (*Phlomis tuberosa*), жуа жіңішке (*Allium subtilissimum*), сиякөк қарапайым (*Linaria vulgaris*), айлауық қарапайым (*Onosma simplicissimum*), сортаң шөптер екігүлді (*Galatella biflora*) және жіңішке (*Galatella angustissima*), сұр шытырша (*Berteroa incana*), жалған бөденешөп (*Veronica spuria*), қалампыр тарбиған (*Dianthus squarrosus*), мынжапырақ асыл (*Achillea nobilis*), қияқөлең аласа (*Carex supina*), бөрте жусан (*Artemisia austriaca*) және тасты (*Artemisia rupestris*). Сирек кездесетіндер таран құстық (*Polygonum aviculare*), жоңышқа орақтәріздес (*Medicago falcata*), тышқан бұршақ (*Vicia cracca*), паслен ащытұщы (*Solanum dulcamara*), күреңот жіңішке жапырақты (*Chamaenerium angustifolium*), анкафия отты (*Ancathia igniaria*), шайқурай ұқсас (*Epilobium adnatum*), алабұта көкшілт (*Chenopodium glaucum*), сылдыршөп еділдік (*Silene wolgensis*), түйежоңышқа ақ (*Melilotus albus*), сайсағыз ірігүлді (*Hyssopus macranthus*). Астықтұқымдастар келесі түрлерде келтірілген: қияқ жіңішке (*Leymus angustus*), тырсық (*Stipa sareptana*), бетеге немесе шұбар бетеге (*Festuca valesiaca*), еркекшөп, немесе еркек бидайық (*Agropyron cristatum*), қоңырбас далалық (*Poa stepposa*), түлкіқұйрық құрақтәріздес (*Alopecurus arundinaceus*), арпабас қылқансыз (*Bromus inermis*), шисабақ иректісті (*Koeleria cristata*), итқонақ жасыл (*Setaria viridis*), құлманбас тарбиған (*Cleistogenes squarrosa*). Тасты шатқалдарға келесі бұталар тән – ұшқат ұсақ жапырақты (*Lonicera microphylla*), тобылғы үшқалақты (*Spirea trilobata*), Камилл-Шнейдер қарағаны (*Caragana camilli-schneideri*), итмұрын тікенекті (*Rosa spinosissima*), киікоты аңқыған (*Ziziphora clinopodioides*) және гибридті бозілем (*Sedum hybridum*) қатысады. Жеке бір телімдерде порезник бухтармалық (*Libanotis buchtormensis*), курилдік шай бозгүлді (*Pentaphylloides floribunda*), қара арша (*Juniperus sabina*), лакция қарапайым (*Echinops ritro*), күміс бөдене (*Veronica incana*) және сабақсыз қазтабан (*Potentilla acaulis*). Қосымша ылғандандырумен сипатталатын, жергілікті рельефтің төмендеуі болған жағдайда, жайылымдық фитоценоз элементтері байқалады: айрауық құрақтәріздес (*Calamagrostis arundinacea*), қазтабан ағарған (*Potentilla dealbata*), күреңот жіңішке жапырақты (*Chamaenerium angustifolium*), оңтүстік құрағы (*Phragmites australis*), дәріханалық шелна (*Sanguisorba officinalis*), қарапайым таңқурай (*Rubus idaeus*), саралжын (*Artemisia pontica*) және қызылмия (*Glycyrrhiza glabra*).

Штольня порталдарының бұзылған телімдерінің, гранитті қиыршықтас және жартылай құрылыс қоқсығы шашылған жерлерде қаражусан (*Artemisia vulgaris*), бүрген (*Artemisia sieversiana*), көкшағыр (*Artemisia marschalliana*), тасжусан (*Artemisia rupestris*) және шыралжын (*Artemisia dracunculus*), сонымен қатар тобылғы бұталары шайқурайлы (*Spirea hypericifolia*), жылауық қайың (*Betula pendula*), екімасақты қылша (*Ephedra distachya*) және шығыс текесақалы (*Dodartia orientalis*). Штольнялардың қуысында табиғи өсіп жатқан өсімдіктер негізінен көкшағыр (*Artemisia marschalliana*) және шыралжын (*Artemisia dracunculus*) есебінен қаулап тұр. Жеке бір жерлерде бетеге немесе шұбар бетеге (*Festuca valesiaca*), тырсық (*Stipa sareptana*), аралас шөп түрлері: жалған бөдене (*Veronica spuria*), қалампыр тарбиған (*Dianthus squarrosus*), сортаң шөптер екігүлді (*Galatella biflora*) және жіңішке (*Galatella angustissima*) және басқалары. Техногенді үйінділердің жоғарғысында жартылай ұсақ жапырақты ұшқат (*Lonicera microphylla*), Камилла-Шнейдер қарағаны (*Caragana camilli-schneideri*), жапырақсыз итмұрын (*Rosa glabrifolia*), шайқурайлы тобылғы бұталары (*Spirea hypericifolia*) және үшқалақты (*Spirea trilobata*) – тобылғы бұталары орын алған.

2.2. Порталалды штольнялардың жерүсті радиоактивті ластану мүмкіндігін және өсімдік жамылғысының радиоактивті ластану сипатын зерттеу

Өсімдік жамылғысының радиоактивті ластану сипатын зерттеу үшін зертеу нысандары ретінде тамыр жүйелері жақсы дамыған ағаш және бұталы өсімдіктер алынды: жылауық қайың (*Betula pendula*), шайқурайлы тобылғы бұталары (*Spirea hypericifolia*) және үшқалақты (*Spirea trilobata*), қаражемісті ырғай (*Cotoneaster melanocarpa*), жапырақсыз итмұрын (*Rosa glabrifolia*) және тікенек (*Rosa spinosissima*), ұсақ жапырақты ұшқат (*Lonicera microphylla*), қарапайым таңқурай (*Rubus idaeus*), қараған бұтасы (*Caragana frutex*) және үшаталықты үйеңгі тал (*Salix triandra*). Зерттеліп жатқан өсімдіктердің барлық алынған үлгілерінде ^{241}Am, ^{137}Cs және ^{90}Sr радионуклидтерінің тиесілі белсенділігі анықталды. Өсімдіктердегі радионуклидтердің құрамы жайлы деректер, сонымен қатар олардың зерттеліп жатқан штольнялардың порталалды телімдердің топырағындағы тиесілі белсенділіктерінің аралығы төмендегі кестеде келтірілген (1-кесте).

Алынған деректер бойынша топырақтағы радионуклидтердің құрамының мүмкін аралығын бағалауға және порталалды алаңдардың жерүсті радиоактивті ластануы орын алғаны немес алмағаны жайлы тұжырым жасауға мүмкіндік береді. Мысалы, Р және А штольняларының порталалды аумағындағы өсімдіктерде байқалған ^{137}Cs радионуклидінің жоғары түрде шоғырлануы, жеке бір жағдайларда аталған штольнялардың порталалды алаңдарындағы топырақтың беткі қабатындағы оның тиесілі белсенділігі мәнінен едәуір жоғары (1-сурет).



а б

1-Сурет. Р (а) және А (б) штольняларының аумағындағы ^{137}Cs радионуклидтерінің алаңдық таралуы

1-Кесте

Порталалды алаңдардың топырақтарындағы ^{241}Am, ^{137}Cs және ^{90}Sr радионуклидтерінің тиесілі белсенділігі мәнінің аралығы мен зерттеліп жатқан өсімдіктердегі ^{241}Am, ^{137}Cs және ^{90}Sr радионуклидтерінің тиесілі белсенділігі

Штольня-ның шартты белгіленуі	Өсімдіктердің түрлері	нүкте	Тиесілі белсенділік, Бк/кг								
			^{241}Am			^{137}Cs			^{90}Sr		
			өсімдіктер	топырақ		өсімдіктер	топырақ		өсімдіктер	топырақ	
				нақты	болжам		нақты	болжам*		нақты	болжам*
B	шайқурайлы тобылғы	1	<0,9	<1 - 320	<9000	5 ± 1	4 - 100	<0,1 - 5000	7 ± 1	<100 - 1300	7 – 300
	үшқалақты тобылғы	2	<0,6			<1,3			30 ± 1		
P	қаражемісті ырғай	1	<0,8	<1 - 110	<20000	110 ± 10	5 - 2200	11 - 310000	34 ± 2	<100 - 330	34 - 3950
	жылауық қайың	2	2 ± 1			310 ± 10			395 ± 5		
C	шайқурайлы тобылғы	1	<0,8	<1 - 50	<8000	2 ± 1	3 - 48600	0,1 - 2000	7,2 ± 0,4	<100 - 2480	7 - 250
	шайқурайлы тобылғы	2	<0,3			0,6 ± 0,2			25 ± 1		
N	жылауық қайың	1	<1	<1 - 20	<13000	99 ± 4	45 - 49000	8 - 99000	165 ± 2	<100-3200	165 - 66000
	жапырақсыз итмұрын	2	<1,3			77 ± 4			6600 ± 100		
B_1	шайқурайлы тобылғы	1	<1,4	<0,3 - 160	<60000	<1,3	<1 - 2100	<0,2	26,8 ± 0,4	<100 - 13000	27 - 370
	ұсақ жапырақты ұшқат	2	6 ± 2			<1,8			37 ± 1		
A	үшқалақты тобылғы	1	<1	<0,3 - 140	<30000	2 ± 1	9 - 459400	0,2 - 1060000	26 ± 1	<100 - 25000	26 - 28500
	жылауық қайың	2	3 ± 2			1060 ± 10			2850 ± 30		
F	жапырақсыз итмұрын	1	3 ± 2	<1 - 150	<30000	4 ± 2	6 - 28000	<0,2 - 4000	79 ± 1	<100 - 8700	79 - 880
	үшқалақты тобылғы	2	<1,4			<1,6			88 ± 1		
G	шайқурайлы тобылғы	1	<0,6	<1 - 300	<13000	2 ± 1	14 - 450	<0,2 - 2000	30 ± 1	<100-540	30 - 610
	қарапайым таңқурай	2	<1,3			<1,8			61 ± 1		
O	үшқалақты тобылғы	1	<0,8	<1 - 5	<9000	3 ± 1	<0,7 - 110	<0,1 - 3000	22 ± 1	<100	22 - 350
	үшқалақты тобылғы	2	<0,9			<1			35 ± 1		
I	шайқурайлы тобылғы	1	<1,3	<1 - 470	<30000	<1,2	4 - 180	<1200	22 ± 1	<100	20 - 220
	шайқурайлы тобылғы	2	<3			<0,8			20 ± 1		
E	жапырақсыз итмұрын	1	<1,4	<1 - 410	<20000	<1,5	4 - 100	<0,2 - 2000	23 ± 1	<100 - 520	8 - 230
	тікенек итмұрын	2	2 ± 1			2 ± 1			8,4 ± 0,3		
R	жылауық қайың	1	<0,9	<1 - 3	<14000	<1,3	4 - 130	<1300	12 ± 1	<100-400	12 - 19100
	шайқурайлы тобылғы	2	<1,4			<0,9			1910 ± 20		
Q	қараған бұтасы	1	<1,1	<1 - 60	<40000	<1,7	<2 - 640	<1800	4 ± 1	<100 - 730	4 - 80
	үшаталықты үйеңгі тал	2	4 ± 2			<1,8			8 ± 1		

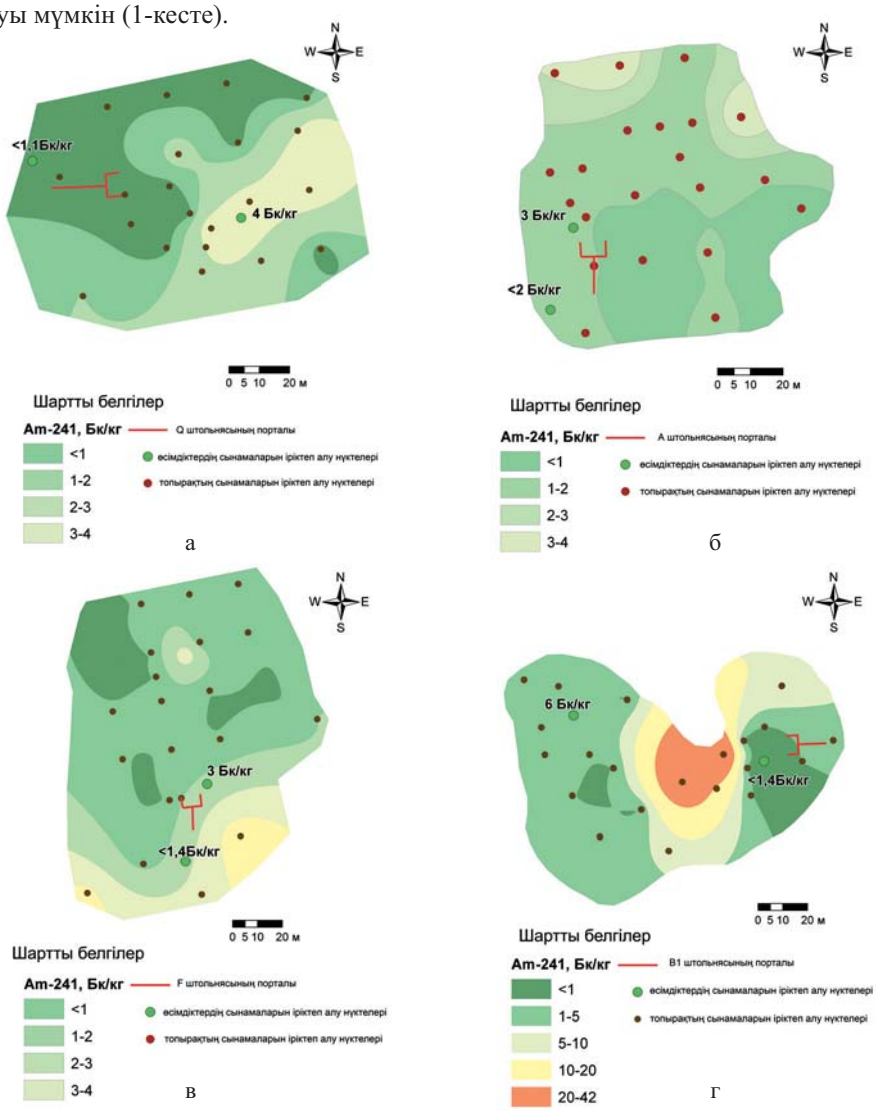
Ескерту: * Топырақтағы радионуклидтердің тиесілі белсенділігі = Өсімдіктердегі радионуклидтердің тиесілі белсенділігі / Жк, бұл жерде

Жк ^{241}Am = <0,0001-0,1;

Жк ^{137}Cs = 0,001-10;

Жк ^{90}Sr = 0,1-1

Өсімдіктерде ^{137}Cs құрамын және аталған радионуклидтің Жк мәнінің мүмкін аралығын ескере отырып, Р штольнясы аумағындағы топырақтағы тиесілі белсенділік 11 -ден 310 кБк/кг-ға дейін құбылады, ал А штольнясы аумағында өз кезегінде 0,2 -ден 1060 кБк/кг-ға дейін құбылады, Р штольнясының аумағындағы беткі қабатта ^{137}Cs максималды құрамы 2 есе жоғары және А штольнясы аумағында 1 есе жоғары деп есептейік (1-Кесте). Бұл тұрғыдан алып қарағанда, анықталған беткі ластану В, G, О және Е штольнялары аумағында да күтіледі, ол жердің топырағындағы ^{137}Cs тиесілі белсенділігінің есептік мәні, беткі қабатқа бекітілген оның құрамынан 1-2 есе жоғары болуы мүмкін (1-кесте).



2-Сурет. Q (а), А (б), F (в) және B_1 (г) штольняларының аумағында ^{241}Am радионуклидінің алаңдық таралуы

Бұндай жағдай ^{241}Am радионуклидіне де тән, оның тиесілі белсенділігінің жоғары мәні Q, A, F және B_1 штольняларының аумағындағы өсімдіктерде де (3 Бк/кг -нан 6 Бк/кг-ға дейін) байқалады (2-сурет).

Суреттен көріп отырғанымыздай, өсімдіктердегі ^{241}Am құрамы көп жағдайда оның топырақтағы шоғырлану деңгейіне жетеді, бұл көп жағдайда «Дегелең» алаңы үшін ^{241}Am Жк оннан аспайтын бағалау мәніне қайшы (<0,0001-0,1). P, B_1, A, F, E және Q, штольняларының аумағынан алынған өсімдіктердегі ^{241}Am радионуклидінің тиесілі белсенділігінің мөлшерлік шамасы және Жк деректерінен, аталған штольнялардың аумағындағы топырақтағы оның құрамы ондаған және одан да жоғары кБк/кг-ға жетуі мүмкін, бұл топырақтың беткі қабатындағы ^{241}Am тиесілі белсенділігінің алынған максималды мәнінен 2-3 есеге жоғары (1-Кесте).

P, N және R штольнялары аумағында көбірек күтілген, ^{90}Sr радионуклидімен шартталған, белгілі бір беткі ластанудың орын алуы, ол жердегі топырақтағы тиесілі белсенділік мәнінің есептік аралығы, топырақтың беткі қабатында анықталған ^{90}Sr құрамынан 1-2 есе жоғары. Осындай ластанудың A, G, O және I штольнялары аумағында да орын алуы жоққа шығарылмайды, бұл жерде топырақтағы ^{90}Sr тиесілі белсенділігінің болжанған мәні бекітілген мәннен бірнеше есе жоғары (1-кесте).

ҚОРЫТЫНДЫ

Өткізілген зерттеулердің негізінде, барлық зерттеліп жатқан аумақтарда негізінен дала өсімдіктері басым, олар бетеге-жусанды аралас қоғамдастығы мен петрофитті нұсқалар түрінде келтірілген, жергілікті бедердің төмендеуі орын алу барысында қосымша ылғалданудан, жайылымдық фитоценоз элементтері байқалады. Штольня порталдарының бұзылған телімдерінің, гранитті қиыршықтас және жартылай құрылыс қоқсығы шашылған жерлерде табиғи өсімдіктер жусандар, бұталар мен арамшөптер есебінен қаулап тұр.

Өсімдіктердегі радионуклидердің құрамы, ^{90}Sr ерекше түрде, аталған радионуклид үшін Жк мәнінің аралығының төмен болуымен шарталған, жеке бір жағдайларда сәйкес аумақтардың топырақтарында терең орналасқан ластанулардың көрсеткіші болып табылады. Аталған жағдай, жербеткі радиоактивті ластанудың индикаторы ретінде өсімдіктерді пайдалану мүмкіндігін растайды, ол өз кезегінде бұрынғы «Дегелең» сынақ алаңындағы штольнялардың порталалды алаңдарындағы беткі топырақ қабатының ластануын алаңдық зерттеулеріне маңызды қосымша ретінде қызмет ете алады.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. *Анненков Б.Н.* Ауыл шаруашылығы радиологиясының негіздері/ Б.Н. Анненков, Е.В. Юдинцева. - Мәскеу, 1991. - С.56-83.
2. *Ларионова Н.В.* Жайылымдық биогеоценоздың өсімдіктерінде техногенді радионуклидтердің жинақталу ерекшелігі/ Н.В.Ларионова, С.Н. Лукашенко, А.М. Қабдырақова [және басқалары]. // ҚР ҰЯО Жаршысы. - Курчатов, 2010. - Шығ. 2. – Б. 136-144
3. Далалық геоботаника- т. 1.-1959.-444 б.; т. 2.-1960.-500 б.; т. 3.-1964.-530 б.; т.4.-1972.-336 б.; т.5.-1976.-320 б. М., Ғылым

4. Ластанған аумақтың радиациялық хал-ахуалын жерүсті зерттеу бойынша әдістемелік нұсқаулар және көрстекіштер: КСРО Мемкомгидрометі жанындағы Табиғи ортаны радиациялық бақылау бойынша мекемеаралық комиссиясы бекіткен. - М., 1989.
5. МемСТ 17.4.3.01-83 «Сынамаларды іріктеп алуға қойылатын жалпы талаптар».
6. ҚР ӘН 5.06.001.98 «Көлемді үлгілердегі радионуклидтердің белсенділігі. МИ 2143-91 гамма-спектрометрінде өлшеу жүргізу әдістемесі» - 18 б.
7. «Прогресс» бағдарламалық қамтамасыз етілген сцинтилляционды бета-спектрометрді пайдалана отырып радионуклидтердің белсенділігін өлшеу әдістемесі, Менделеево, - 20 б.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСТЕНИЙ В КАЧЕСТВЕ ИНДИКАТОРОВ ПРИПОВЕРХНОСТНОГО РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ПРИПОРТАЛЬНЫХ ПЛОЩАДКАХ ШТОЛЕН БЫВШЕЙ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ «ДЕГЕЛЕН»

Н. В. Ларионова, С. Н. Лукашенко, В. Н. Дмитропавленко, Б. М. Султанова*, Е. В. Мустафина, Ю. Ю. Яковенко

В статье представлены результаты исследования растительного покрова и характера его радиоактивного загрязнения в районе припортальных площадок некоторых штолен бывшей испытательной площадки «Дегелен». Оценена возможность использования растений в качестве индикаторов приповерхностного загрязнения на припортальных площадках.

Ключевые слова: ядерные испытания, штольни, радиоэкология, радиоактивное загрязнение, радионуклиды, растительный покров, растения, коэффициент накопления (Кн).

USE OF PLANTS AS INDICATORS FOR NEAR-SURFACE RADIOACTIVE CONTAMINATION AT NEAR-PORTAL AREAS OF THE TUNNELS AT THE FORMER "DEGELEN" TEST SITE

N.V. Larionova, S.N. Lukashenko, B.M. Sultanova*, E.V. Mustafina, Yu.Yu. Yakovenko

The article presents the results of the study of vegetation and the nature of its radioactive contamination at the near-portal area of the tunnels at the former "Degelen" test site. There has been assessed possibility of using the plants as indicators of near-surface contamination at the near-portal area of the test site.

Keywords: nuclear tests, tunnels, radioecology, radioactive contamination, radionuclides, vegetation cover, plants, accumulation coefficient (Ac).

УДК 577.4: 577.391:504.53:539.16

ДЕГЕЛЕҢ ТАУЛЫ МАССИВІНЕН АҚҚАН СУЛАРДЫҢ ТОПЫРАҚ ЭКОЖҮЙЕСІНЕН РАДИОНУКЛИДТЕРДІ ТАБУ ФОРМАСЫ

А. М. Қабдырақова, А. Е. Құндызбаева, С. Н. Лукашенко

Бұл мақалада бұрынғы Семей сынақ полигонының «Дегелең» сынақ алаңындағы № 176 және № 177 штольнялардан аққан сулардың экожүйесіндегі жайылымдық топырақтан ^{137}Cs, ^{90}Sr, $^{239+240}Pu$ және ^{241}Am техногенді радионуклидтерін табу формасына жүргізілген зерттеулер жайлы деректер келтірілген. Зерттелетін экожүйенің кеңістіктегі шектеуіне қарамастан, топырақтан радионуклидерді табу формасында қомақты түрде өзгеріс (вариациясы) бар екені анықталды. Зерттелетін экожүйенің топырағында ^{137}Cs және $^{239+240}Pu$ радионуклидтерін табу формасында тығыз байланысқан форма, ^{90}Sr және ^{241}Am радионуклидтерінде алмасушы және құбылмалы форма сәйкесінше көбірек табылған форма болып табылады. Өзара байланыстылық талдама жүргізу нәтижесінде ^{137}Cs және ^{90}Sr радионуклидтерін табу формасының құрамына зерттелетін топырақтың физика-химиялық қасиетінің әсер ету мүмкіндігі бағаланды.

Түйінді сөздер: топырақ, радионуклидтерді табу формалары, сілтіден жүйелі айыру, топырақтың физика-химиялық қасиеттері, штольня, Дегелең таулы массиві.

КІРІСПЕ

Радионуклидтердің жылыстау қабілетінің анықтаушы факторы ретінде топырақ – өсімдік, топырақ – жерүсті және топырақасты сулары және топырақта радионуклидтерді табу формасы адам үшін ықтимал қауіпті шарттайды.

Топырақта радиоактивті ластаушылардың биожетімділігімен ұтқырлығын сипаттауды анықтауға дәстүрлі шешімін табу – бұл бірізді экстракция әдісін қолдану болып табылады. Пайдаланылып жатқан әдістерде агрессивті химикаттар біртіндеп бірізді қолданылады және оның әрбірі топырақтың нақты құрауыштарында байланысқан ластанудың бір бөлігін таңдай отыра сілтілендіреді. Таңдау қабілеті мен химиялық экстракция прцедураларын шығара алу экстрагент түріне байланысты, зерттелетін нысанның сипатына байланысты өзгереді және жиірек биожетімділіктің сапалы бағасын беруін ескеру қажет. Жасанды радионуклидтердің жеке бір қосылу формасына арақатынасын жеке жүйеде зерттеу қажет, оның көмегімен топырақтағы радионуклидтердің қозғалу қабілеті жайлы интегралды бағалауды алуға болады.

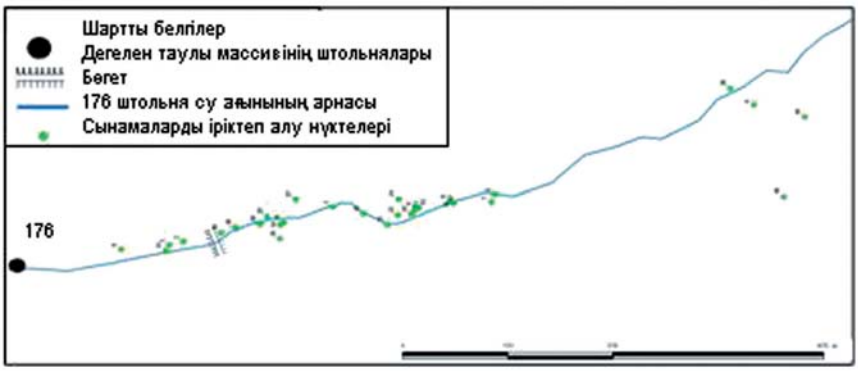
Жұмыстың мақсаты радионуклидтерді бірізді экстрагирлеуді пайдалану негізінде түрлі фракцияларға биологиялық қол жетімділік және физико-химиялық қозғалмалылық бойынша аралықта Дегелең таулы массивінің ағын суларының кеңістіктегі шектеулі экожүйесінің жайылымдық топырағында жасанды радионуклидтердің таралуын зерттеу болып табылады.

1. ЗЕРТТЕУ ӘДІСТЕРІ МЕН МАТЕРИАЛДАРЫ

Зерттеу нысандары болып, Дегелең таулы массивіндегі № 176 және № 177 штольнялардың ағын суларының экожүйесі таңдап алынды. № 176 штольняның ағын суларының зерттеліп жатқан экожүйесі Байтілес бұлағы алқабының сол жақ бөлігі болып табылады, ол негізгі арнадан жалаңаштанған кішігірім тау құздары бойындағы

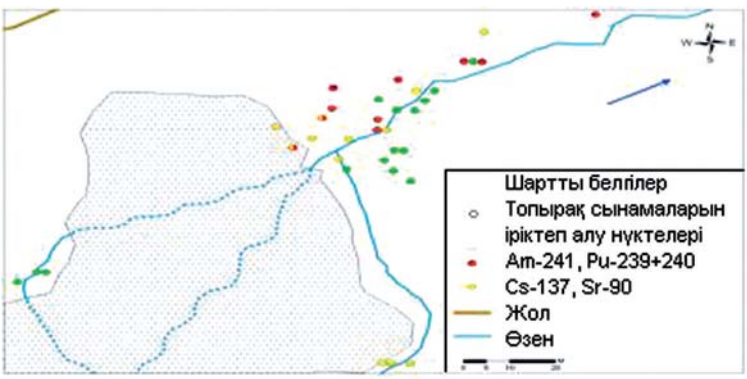
ағыс бойымен алыстаған. Штольнядан бастап арна бойындағы ағын сулардың ені, негізінен 1м аспайды. № 177 штольнясы экожүйесінің аумағы Ұзынбұлақ бұлағы алқабының саласындағы оң жақ бөлігі болып табылады, ол негізгі арнадан ағыс бойымен және жолдың төстабаны бойымен кішігірім созылған. № 177 штольняның ағын суының ені, негізінен 1м аспайды.

№ 176 штольнясының аумағында сынамалар ағын судың арнасы бойымен, штольнядан алыстаған сайын алынды. Зерттеу алаңдарының 30-ы алынды, топырақ сынамасын алу тереңдігі 20 см, алаңның аумағы 100 см^2 кем болған жоқ. Алыс нүктелердің максималды арақашықтығы шамамен 630 м құрады. Ағын су арнасының ені, негізінен 1 м асқан жоқ. Суретте топырақ сынамаларын іріктеп алу нүктелерінің орналасуы кесте түрінде көрсетілген (1-сурет).



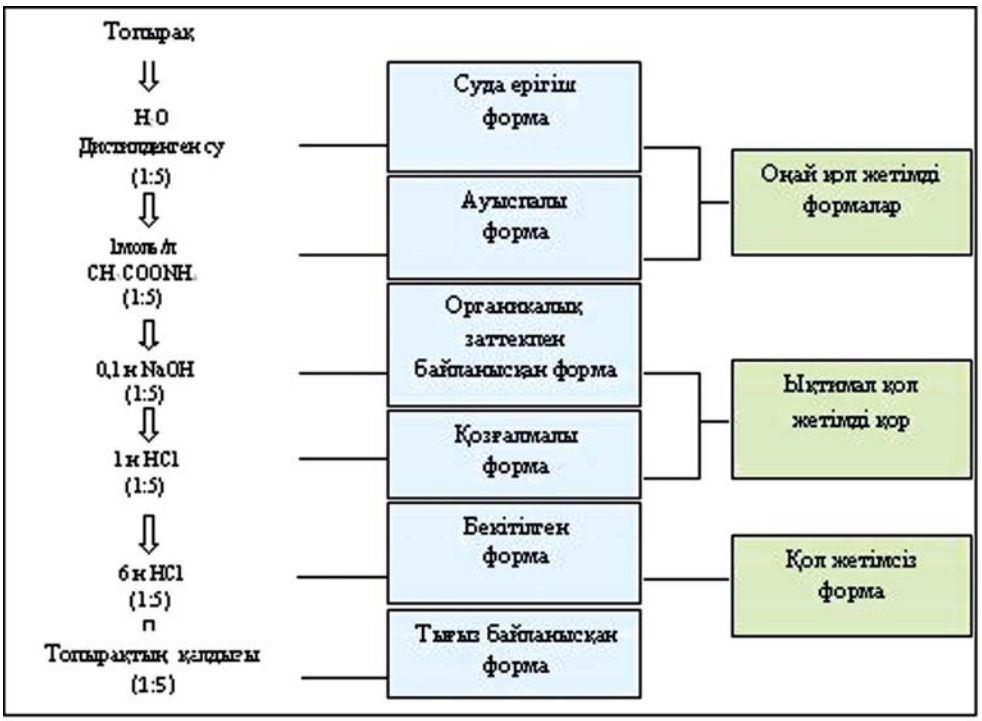
1-Сурет. № 176 штольнясы аумағында орналасқан зерттеу алаңдарының сұлбасы

№ 177 штольня аумағындағы экожүйе аумағынан топырақ сынамаларын алу сұлбасы төмендегі кестеде келтірілген (2-сурет). Сынамалар сонымен қатар – ағын су арнасы бойымен штольня порталынан алыстаған сайын алынды. 36 зерттеу алаңы алынды, топырақтың 20 см тереңдігінен сынамалар алынды, аумағы 100 см^2 кем емес. Топырақтың сынамаларын алу нүктелері, өсімдіктердің радионуклидтерді жинақтау параметрін зерттеу үшін өсімдік сынамалары алынған нүктелерге байланысты болды.



2-Сурет. № 177 штольнясы аумағында зерттеу алаңдарының орналасу сұлбасы

Радионуклидтерді табу формасын зерттеу бірізді экстрагирлеу әдісімен жасалды, ол сұлба түрінде төмендегі суретте көрсетілген (3-сурет).



3-Сурет. Топырақтағы радионуклидтерді табу формасын зерттеу сұлбасы

Радиоэкологиялық зерттеу міндеттерінен ескере отырып, радионуклидтерді табу формасын зерттеу радионуклидтердің жылыстау механизмі мен оның қаркындылығына әсер ететін формаларды анықтау жолымен жүргізілді. ^{90}Sr, ^{137}Cs радионуклидтерінің тығыз байланысын бағалау үшін зерттеліп жатқан экожүйенің № 176 штольнясы аумағындағы экожүйе топырағында түрлі формалардың құрамына қатысты топырақтағы радионуклидтерді табу сумен біртіндеп экстрагирлеу (суда ерігіш), аммоний ацетаты ерітіндісі (алмасушы), 1М HCl (қозғалмалы) және 6М HCl [1, 2, 3, 4] (қозғалмайтын, бекітілген) әдістерімен анықталды. Топырақтың және сілтілендірілген ерітіндінің арақатынасы тәжірибенің барлық кезеңінде де 1:5 тең ұсталды. № 177 штольнясының аумағындағы экожүйе топырағында ^{90}Sr, ^{137}Cs радионуклидтерін табу формасы ретінде біртіндеп экстрагирлеудің жетілдірілген сұлбасы пайдаланылды. Аталған сұлбаға радионуклидтерді табудың қосымша жаңа формаларына қатысты анықтаулар мен бөлінулер формасы – топырақтың органикалық заттегімен байланысты (NaOH ерітіндісімен 0,1н бөлінген), сонымен қатар I фракциясы құрамында – гуминды қышқылдар мен фульфоқышқылдар (ГҚ және ФҚ) және олардың тұздары, еркін немесе топырақтың минералды бөлігімен тығыз байланыспаған, NaOH ерітіндісінде 0,1н еритін (Тюрин бойынша) қышқылдар енді [5]. Бәріне белгілі, еритін қарашірікті заттектер ауыр металдардың катиондарымен өзара байланыса алады, сонымен

қатар жасанды радионуклидтермен гуматтар мен фульваттар түзейді. Бұл реакциялар кешенді гетерополярлы немесе қарапайым тұздардың жүрісіне және пайда болу заңдылығына бағынады және улы элементтердің өсімдіктерге түсуіне, аккумуляциялануына және жылыстау қасиетіне әсерін тигізеді. Бұдан қысқа бірізді экстрагирлеудің жетілдірілген жүйесі ^{241}Am және $^{239+240}$Pu радионуклидтерін табуды зерттеу формасын зерттеуде қолданылды. Аталған сұлба суда ерігіш формаларды шығаруды (олардың құрамы, №176 штольняның топырағын зерттеу нәтижелері көрсеткендей, пайдаланылып жатқан әдістердің минималды детектірленген белсенділігінен төмен) және радионуклидтердің бекітілген формасын (6М HCl ерітіндісімен бөлінген) қарастырды, ол радионуклидтердің жылыстау процесіне әсер етпейді.

Топырақтың сынамаларында радионуклидтерді анықтау үшін оларды алдын ала кептірді және 1 мм ұяшықтары бар елеуіш арқылы еленді. Дайындалған сынамадан кварталау әдісімен салмағы 100 г болатын аналитикалық өлшемді алды.

Топырақ сынамаларындағы және өлшемдердегі ^{137}Cs және ^{241}Am құрамы гамма-спектрометриялық құрал-аспаптық әдіспен анықталды. Топырақтың сынамаларындағы ^{90}Sr тиесілі белсенділігін бұзбайтын – «Прогресс» бағдарламалық қамтамасыз етілген бета-спектрометрде ^{90}Sr тиімді тиесілі белсенділікті тура аспаптық өлшеу әдісімен анықталды. ^{90}Sr және $^{239+240}$Pu көлемдік белсенділігі өлшем үлгілерінде – радиохимиялық әдіспен анықталды.

Топырақ үлгілерінде радионуклидтердің құрамын анықтаумен қатар физика-химиялық параметрлері анықталды:

- pH су өлшемінің шамасы;
- сіңірілген негіздер, Ca, Mg (трилонометриялық);
- қарашірік (көміртегі) Тюрин әдісі бойынша Никитиндік түрленуі;
- суда ерігіш заттектердің құрамы (HCO_3, Cl, SO_4, Ca, Mg, K, Na);
- гранулометриялық талдама Качинский әдісі бойынша.

Бұл көрсеткіштерді анықтау жалпыға таныс әдістер бойынша жүргізілді [6, 7, 8, 9].

2. НӘТИЖЕЛЕР МЕН ОЛАРДЫ ТАЛҚЫЛАУ

2.1. Зерттеліп жатқан экожүйенің топырағына сипаттама

Аталған деректер мен топырақ жамылғысының жалпы суреттемесінен, 2 зерттеу телімдеріндегі топырақ жайылымдық қатар топырағына жататынын байқауға болады. Топырақтар аз қуатты. Арнадағы топырақ қалыңдығының қуаты 40–60 см, жайылымдық аймақта 20–40 см аспайды. Олар өте жақсы қарашіріктелген, ерекше түрде арнаның ортасы бойында, тез еритін тұздар мен карбонаттардан жақсы тазаланған. Су суспензиясының pH сирек бейтарапты түрде, жиірек аз сілтіленген немесе сілтіленген. Топырақ-сіңіргіш кешенде Ca катионы басым. Механикалық құрамы бойынша № 176 штольняның ағын су экожүйесіне жіті зерттеу жүргізген телімінде топырақтар негізінен, жеңіл саздақ және құмдақ, сирек орташа саздақ, ал № 177 штольнясының ағын су телімінде қопсыған шөгінділерден орташа және ауыр саздақтар орын алған. Бұл еңіске байланысты шартталған және аумақтың анжылауының төмендеуіне байланысты шартталған. Зерттеліп жатқан барлық жайылымдық топырақтар барлық топырақ

бейіні бойынша үлкен үгіткіш материалды қосуымен ерекшеленеді: ең ұсақ жұмыр тастары бар ірі құм, ірі құм және ірі шаң. № 176 штольняның ағын су жүйесіндегі жайылымдық топырағында 0,1–11 % шегінде шөгінді бөлшектерінің құрамы жатыр, ал № 177 штольняның экожүйесіндегі аз анжыланған топырақта, шөгіндінің құрамы 19–31 % дейін жетеді. Осылайша, жергілікті еңістің төмендеуі және ағымның жылдамдығы, аумақтың табиғи түрде анжылануына алып келеді, бұл топырақ көрсеткіштерінде де байқалады: жіңішке бөлшектердің мөлшері ұлғаяды, беткі көкжиекте тез еритін тұздардың жинақталуы байқалады, жіңішке қарашіріктің мөлшері ұлғаяды.

Кестеде (1-кесте) зерттеліп жатқан топырақтың физика-химиялық параметрлерін анықтау нәтижелері келтірілді.

1-Кесте

Зерттеліп жатқан экожүйе топырағының физика-химиялық сипаттамасы

Топырақ сипаттамасы	176 шт.		177 шт.	
	аралық	орташа	аралық	орташа
Органикалық заттектің шоғырлануы, С, %	7 – 23	14	11 – 21	16
pH су суспензиясы (көкейтесті қышқылдық)	6,8 – 7,9	7,5	7,1 – 7,9	7,5
Тұздардың сомасы, %	0,02 – 0,3	0,045	0,05 – 0,6	0,2
Ауыспалы негіздер сомасы, мг-экв/100 г	17 – 40	27	28 – 52	41
Гранулометриялық құрам: физикалық саздың құрамы (топырақ бөлшектерінің мөлшері <0.01 мм), % сонымен қатар:	15 – 37	23	32 – 59	42
шөгінді бөлшектер (<0.001 мм), %	0,1 – 11	5	19 – 31	24
ұсақ шаң (0.001-0.005 мм), %	0,2 – 12,3	9	3,4 – 25	9,4
орташа шаң (0.005-0.01 мм), %	3,3 – 14	9	3,3 – 15,4	9,4
ірі шаңның бөлшектерінің құрамы (0.01-0.05 мм), %	12,6 – 41	29	3,2 – 48,4	35
^{137}Cs топырақтағы тиесілі белсенділігі, Бк/кг	26 – 450 000	27 400	16 – 8700	1900
^{90}Sr топырақтағы тиесілі белсенділігі, Бк/кг	610 – 33 000	11 900	1800 – 117100	72000
^{241}Am топырақтағы тиесілі белсенділігі, Бк/кг	-	-	200 – 680	400
$^{239+240}$Pu топырақтағы тиесілі белсенділігі, Бк/кг	-	-	2900 - 12200	6300

2.2. Радионуклидтерді табу формасының арақатынасы

№ 176 штольняның ағын су экожүйесіндегі аумақтан іріктеп алынған топырақ сынамаларынан, ^{90}Sr және ^{137}Cs -екі радионуклид үшін табу формасының арақатынасын, зерттеліп жатқан аумақтың негізгі радиоактивті ластануын анықтау үшін жүргізілді. ^{90}Sr үшін талдамаланған топырақ сынамаларының 30-нан толық мөлшерлік деректер 14 сынама үшін алынды, ал ^{137}Cs үшін – 10 сынама алынды.

^{90}Sr және ^{137}Cs радионуклидтерін табу формаларын табу нәтижесі олардың арақатынасы түрінде кестеде келтірілген (2-кесте). Радионуклидтердің шоғырлануы барлық зерттеліп жатқан форма құрамының жиынтық пайызы түрінде келтірілген.

2-Кесте

№ 176 штольнясы аумағындағы экожүйе топырағында ^{90}Sr және ^{137}Cs радионуклидтерін табу формасы құрамының мәндік аралығы, % барлық формалардың жиынтық құрамынан

Табу формалары	^{137}Cs, % (n=10)		^{90}Sr, % (n=14)	
	аралығы	орташа	аралығы	орташа
суда ерігіш + ауыспалы	0,5 – 35,6	13,1	32,7 – 65,1	54,5
қозғалмалы	1,4 – 24,4	10,2	14,7 – 54,5	35,2
бекітілген	15,1 - 77,4	57,3	0,7 – 17,1	6,4
тығыз байланысқан	0,1 – 79,4	19,4	1,73 – 7,6	3,9
n = мөлшерлік мәндер саны				

Зерттеулер нәтижесінен көруге болатындай, № 176 штольняның ағын су экожүйесіндегі топырақта ^{137}Cs негізгі құрамы биологиялық жетімділігі төмен сипатталған – бекітілген (57,3 %) және тығыз байланысқан (19,4 %). Радионуклидтің су ерігіш формасы, барлық формалардың жиынтық құрамынан орташа – 13,1 %, қозғалмалы – 10,2 % құрайды.

^{90}Sr үшін таралудың басқа суреті көрсетілген. Аталған радионуклидтің негізгі құрамы қол жетімділігі жеңіл формаларда жинақталған (суда ерігіш + ауыспалы – 54,5 %, қозғалмалы – 35,2 %, орташа). Радионуклидтің құрамы бойынша едәуір төмен бекітілген және тығыз байланысқан табу формалары, 6 % және 4 % болып табылады.

№ 177 штольняның экожүйесіндегі топырақтан радионуклидтерді табу формасын зерттеу – ^{90}Sr, ^{137}Cs, ^{241}Am және $^{239+240}$Pu төрт радионуклидте жүргізілді. Топырақ сынамаларынан алынған 36 сынамадан ^{90}Sr, ^{137}Cs топырақта техногенді радионуклидті табу формасын зерттеу үшін 12 сынама зерттелді, ^{241}Am және $^{239+240}$Pu – 10 сынамасы зерттелді. ^{137}Cs радионуклидін табу формасының құрамына қатысты толық мөлшерлік деректер 3 сынамадан, ^{241}Am үшін – 6 сынама, $^{239+240}$Pu үшін барлығы 3 сынама алынды радиохимиялық бөліну барысында $^{239+240}$Pu аз шығуына байланысты. Жоғарыда айтылғандай, 176 штольняның экожүйесіндегі топырақта ^{90}Sr және ^{137}Cs радионуклидтерінің ауыспалы, органикалық, қозғалмалы, бекітілген және тығыз байланысқан формалары анықталды. ^{241}Am және $^{239+240}$Pu радионуклидтері үшін ауыспалы, органикалық, қозғалмалы және тығыз байланысқан формалары пайдаланылды.

№ 177 штольняның топырағында ^{90}Sr, ^{137}Cs, ^{241}Am және $^{239+240}$Pu радионуклидтерін табу формасының арақатынасының бағалау деректері кестеде келтірілген (3-кесте).

3-Кесте

№ 177 штольнясы аумағындағы экожүйе топырағында ^{90}Sr, ^{137}Cs, ^{241}Am және $^{239+240}$Pu радионуклидтерін табу формасы құрамының мәндік аралығы, барлық формалардың жиынтық құрамының %

Табу формасы	^{137}Cs, % (n=3)		^{90}Sr, % (n=12)		^{241}Am, % (n=6)		$^{239+240}$Pu, % (n=3)	
	аралығы	орташа	аралығы	орташа	аралығы	орташа	аралығы	орташа
Су ерігіш + ауыспалы	0,1 - 1,9	0,8	43,0 - 69,5	53,0	2,4 - 5,6	3,7	0,6 - 3,8	1,6
органикалық	0,1 - 0,9	0,4	1,4 - 2,4	2,0	0,8 - 4,7	2,2	2,1 - 12,5	6,3
қозғалмалы	0,6 - 1,6	1,1	24,1 - 40,0	33,0	62,8 - 83,3	77,5	0,1 - 14,9	6,2

Табу формасы	^{137}Cs, % (n=3)		^{90}Sr, % (n=12)		^{241}Am, % (n=6)		$^{239+240}$Pu, % (n=3)	
	аралығы	орташа	аралығы	орташа	аралығы	орташа	аралығы	орташа
бекітілген	11,8 - 14,9	13,4	4,4 - 10,9	8,0	-	-	-	-
Тығыз байланысқан	80,8 - 86,2	84,1	2,2 - 5,7	4,0	10,4 - 30,7	16,6	72,1 - 92,4	85,9
n = мөлшердік мәндер саны								

^{137}Cs үшін аталған радионуклидке тән көрініс байқалады. Кестеден көріп отырғанымыздай, жеңіл қолжетімді цезийдің құрамы орташа 1 % аспайды. Тығыз байланысқан формадағы цезийдің негізгі құрамы (84,1 %), бекітілген формадан жоғары мәнді сипаттайды (13,4 %). ^{137}Cs болмашы мөлшерінде қозғалмалы және ауыспалы формада орын алған, сонымен қатар ГҚ мен ФҚ байланысты (1,1 %, 0,8 % және 0,4 %, сәйкесінше). ^{90}Sr үшін жеңіл қол жетімді формалардың жоғары болуы тән (суда ерігіш + ауыспалы – 53 %, қозғалмалы – 33 %). Радионуклидтер құрамының төмен мәндері бекітілген – 8 %, тығыз байланысқан – 4 % орташа мәндері тән. ^{90}Sr радионуклидінің органикалық формасының құрамы барлық формалардың жиынтық құрамынан болмашы – 2 % тең. Органикалық заттекте радионуклидтердің таралуы жайлы мәселені толық зерттеу үшін қарашіріктің топтық және фракциялық құрамын анықтау қажет. Бұдан бұрын алынған нәтижелер зерттеліп жатқан топырақтың қарашіріктің құрамының топтық және фракциялық құрамына алдын ала баға беруге мүмкіндік береді. Гуминді қышқылдардың құрамы фульвоқышқылдардың құрамынан бірнеше есе жоғары. Олардың көп бөлігі қозғалмалы кальциймен байланысты, төмендеуі еркін гуминді қышқылдарға жатады және тек кішігірім мөлшері ғана топырақтың минералды бөлігімен тығыз байланысты.

Зерттеу нәтижелері бойынша, № 177 штольняның топырағындағы $^{239+240}$Pu радионуклиді болмашы мөлшерде, барлық формалардың сомасынан 86 %, тығыз байланысқан формада жатыр. ГҚ және ФҚ байланысқан, жылжымалы және органикалық формадағы радионуклидтің құрамы бірдей жоғары емес. $^{239+240}$Pu болмашы бөлігі, орташа, барлық формалардың сомасынан 2 %, ауыспалы формада жатыр.

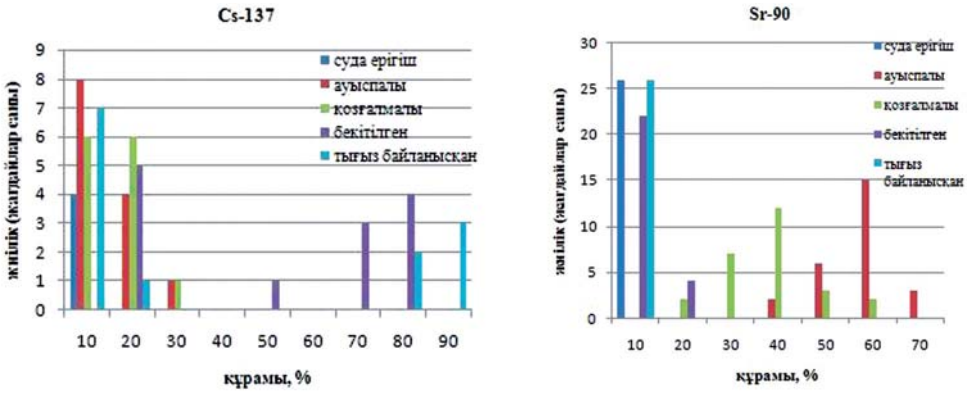
$^{239+240}$Pu және ^{241}Am жылыстау заңдылығы ұқсас, алайда, $^{239+240}$Pu қарағанда ^{241}Am ерігіш қабілеті жақсы және қоршаған ортада қозғалмалық қабілеті де үлкен (плутониймен салыстырғанда). Алдын ала жасалған бағалау деректерінде ^{241}Am радионуклидінің табу формасының арақатынасынан бұл радионуклид топырақта, негізінен қозғалмалы түрде келтірілген.

Салыстырмалы талдамадан, штольнялық ағын судың экожүйесіндегі жайылымдық топырақта ^{90}Sr және ^{137}Cs радионуклидтерін табу формасының арақатынасы едәуір ерекшеленеді. Топырақтағы ^{137}Cs, негізінен, тығыз байланысқан күйде жатыр. ^{137}Cs салыстырғанда, ^{90}Sr негізгі құрамы ауыспалы форманың үлесіне тиеді, шамасы ^{90}Sr үлкен биологиялық қолжетімділікті шарттайды.

Алынған деректерден, зерттеулер топырақтың бір түрінің кеңістіктегі бір шектеулі экожүйесінің шегінде жүргізілсе де және аталған радионуклидтердің табу формасының құрамында қомақты вариация орын алған жағдайға ұқсас.

Нәтижелер радионуклидтерді табу формасы құрамының мәні пайда болғанға дейінгі эмпирикалық таралу бөлшігі гистограмма түрінде көрнекі көрстелген. Суретте (4-сурет) зерттеліп жатқан топырақта, көбірек зерттелгендер ретінде, ^{90}Sr

және ^{137}Cs радионуклидтерін табу формасы құрамы мәнінің кездесу бөлшігі бойынша нәтижелерінің таралуы төмендегі гистограммада келтірілген (4-сурет).



4-Сурет. № 176 және № 177 штольняларының аумағындағы экожүйе топырағында ^{90}Sr және ^{137}Cs табу формасының құрамы мәнінің кездесу бөлшігінің таралу гистограммасы

^{90}Sr бекітілген формасының құрамы үшін кең аралықтың құбылуы тән, ол өз кезегінде екі есеге жетеді. Суда ерігіш формалардың құбылу аралығы бір қатарлы деңгейде жатыр.

Цезий үшін формалардың құрамының құбылу көлемі ^{90}Sr салыстырғанда қомақты болуы тән. Құбылудың көбірек деген аралығының тығыз байланысқан, ауыспалы және жылжымалы формалары бар және екі есеге жетеді.

^{137}Cs және ^{90}Sr радионуклидтерінің табу формасы құрамының өзгергіштілігін бағалау үшін және көрсетілген эмпирикалық таралуды нықтау үшін зерттеулердің нәтижелерінің статистикалық сандық көрсеткішін ұсыну қажет. Көбірек таралған және көрсеткіштері бар орта мәнді, орта квадратталған ауытқу және вариация коэффициенті болып келеді (4-кесте).

4-Кесте

№ 176 және № 177 штольнялары аумағындағы жайылымдық экожүйе топырағында ^{137}Cs және ^{90}Sr радионуклидтерін табу формасы құрамының вариациялық-статистикалық ортақтастырылған көрсеткіштері

Радионуклидті табу формасы	176 шт.						177 шт.		
	^{137}Cs			^{90}Sr			^{90}Sr		
	$А_{ор}$, %	σ	$К_{вар}$, %	$А_{ор}$, %	σ	$К_{вар}$, %	$А_{ор}$, %	σ	$К_{вар}$, %
суда ерігіш	2,14	2,9	140	1,1	0,5	46	1,4	1,0	76
ауыспалы	13,1	8,9	69	53,4	8,9	17	51,6	6,6	13
органикалық	-	-	-	-	-	-	1,8	0,4	23
қозғалмалы	10,2	6,2	60	35,2	11,5	33	33,1	4,7	14
бекітілген	57,4	23,8	42	6,4	4,7	73	8,2	1,6	20
тығыз байланысқан	19,3	30,2	156	3,9	1,8	47	3,9	1,0	26
$А_{ор}$ – орташа арифметикалық, σ – орташаквадраттық ауытқу, $К_{вар}$ –вариация коэффициенті									

Кестеден көрініп тұрғандай, № 176 штольняның топырағындағы құрамның қомақты өзгергіштігі екі радионуклидте де табу формасы бойынша орын алған, бұл ерекше ^{137}Cs суда ерігіш формасының құрамында ($К_{вар}$ = 140 %), және тығыз байланысқан формасы ($К_{вар}$ = 156 %) және қомақты түрде бекітілген ^{90}Sr формасында в ($К_{вар}$ = 71 %) орын алған. № 177 штольняның топырағында ^{90}Sr ($К_{вар}$ = 76 %) суда ерігіш формасы құрамының қомақты өзгергіштігі сипатталған.

2.3. Топырақтан радионуклидтерді табу формасының физика-химиялық қасиеттеріне әсер ету мүмкіндігін бағалау

Радионуклидтердің биологиялық қозғалғыштығы (тағамдық тізбек бойынша жылыстау қабілеті), бір жағынан физика-химиялық қасиетіне байланысты, ал екінші жағынан топырақтың өзінің қасиетіне, оның түрі, минералды құрамы, қышқылдығы, органикалық заттегінің құрамы, ылғалдығы, агроэкожүйелерінде оны пайдалану ұзақтығы және т.б. байланысты соңғы шешімді қабылдайды.

Топырақтың физика-химиялық құрамына әсер етуін бағалау, № 176 және № 177 штольняларының зерттеліп жатқан екі экожүйесіндегі топырақта ^{137}Cs және ^{90}Sr үшін қарастырылған $^{239+240}$Pu және ^{241}Am бойынша мөлшерлік деректердің жетіспеушілігінен радионуклидтерді табу формасының құрамына қатысты бағалау берілді.

Кестеде № 176 және № 177 штольняларының топырағында ^{90}Sr және ^{137}Cs радионуклидтерін табу формасының құрамы мен кейбір топырақтық сипаты арасындағы коэффициенттер келтірілген (5-кесте).

5-Кесте

Топырақтың физика-химиялық қасиеті мен радионуклидтерді табу формасының құрамына қатысты корреляциялық байланыстар

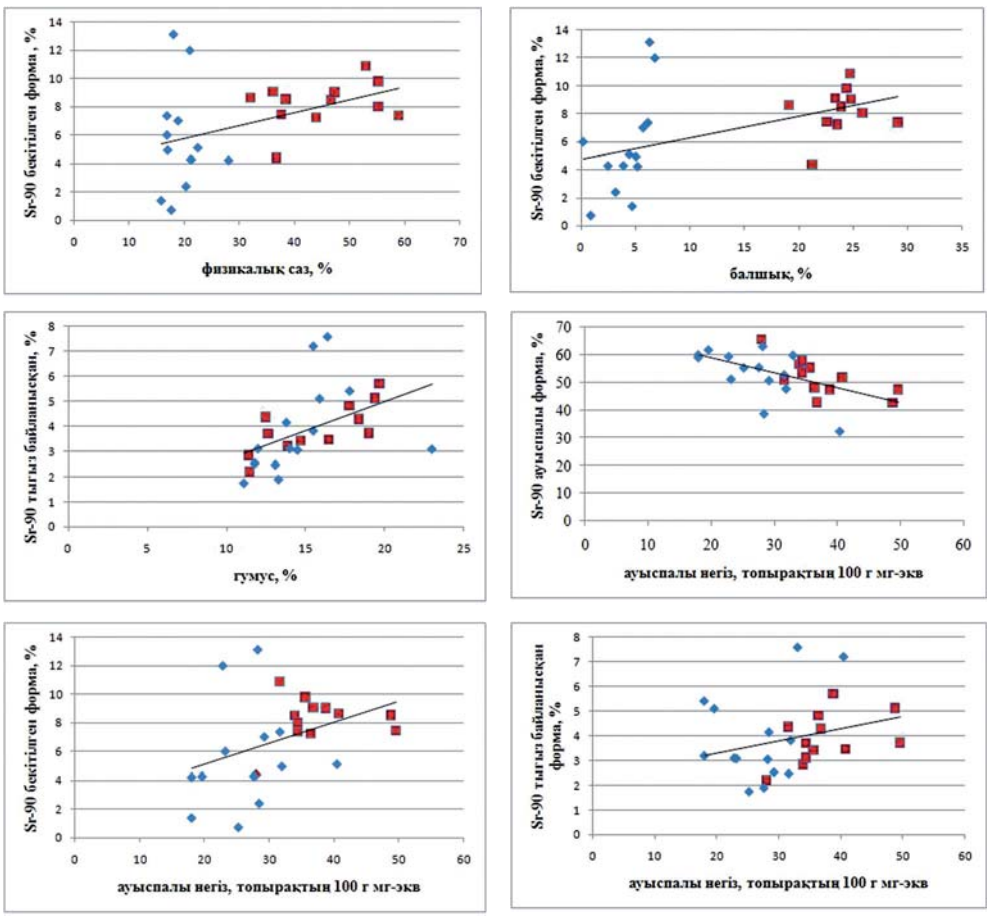
Табу формалары	Қарашірік, %		pH		Топырақтың мг-экв 100 г, тұздар жиынтығы		Топырақтың мг-экв 100 г, ауыспалы негіздер сомасы		Физикалық саз, %	
	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs
суда ерігіш	0,39	*	0,22	*	0,42	*	0,25	*	-0,004	*
ауыспалы	-0,36	-0,19	-0,36	0,49	-0,14	-0,45	-0,58	-0,07	-0,03	-0,36
органикалық	0,06	-	-0,27	-	0,12	-	-0,31	-	0,29	-
қозғалмалы	0,14	-0,15	0,3	0,36	-0,03	-0,57	0,24	-0,18	-0,2	-0,31
бекітілген	0,12	-0,30	0,02	0,44	0,07	-0,62	0,34	-0,52	0,28	-0,67
тығыз байланысқан	0,48	0,28	0,02	-0,50	0,04	0,65	0,27	0,43	0,08	0,63
* – мөлшерлік деректер жоқ										

Оң корреляциялы байланыс ^{90}Sr тығыз байланысқан формасы арасында және екі зерттеліп жатқан экожүйенің топырағындағы қарашіріктің құрамында байқалады, корреляция коэффициенті 0,48 тең. Сонымен қатар, ^{90}Sr ($К_{корр}$ =0,42) суда ерігіш формаларының құрамына суда ерігіш тұздардың құрамының оң әсер ету тенденциясы байқалады. ^{90}Sr ауыспалы формаларының құрамына сіңірілген негіздер құрамының кері

әсер ету тенденциясы анықталды. Топырақта ауыспалы негіздердің өсуіне байланысты, ^{90}Sr ($К_{корр}$=-0,58) радионуклиді формасының ауыспалы құрамы төмендейді.

Зерттеулердің нәтижесінен ^{137}Cs жүрісі топырақтың физика-химиялық құрамына әсер етуін бағалауға мүмкіндік береді. Корреляциялық байланыстың қомақты мәні тығыз байланысқан формаларды табу құрамына және топырақта суда ерігіш тұздар мен физикалық саздың құрамына байланысты.

Физика-химиялық қасиеттер арасындағы корреляциялық байланысты анықтау және ^{90}Sr радионуклидін табу формасының арақатынасына байланысты екі штольнялардың арасындағы нәтижелерді ортақтастыру мүмкіндігіне байланысты. Суретте (5-сурет) екі штольняға арналған топырақтың физика-химиялық қасиетін табу формасының құрамына байланысты кестелер көрсетілген.



5-Сурет. Топырақтың физика-химиялық қасиетінен ^{90}Sr радионуклидін табу формасының құрамына байланысты

Берілген талдамалардың дерегінен, ^{90}Sr радионуклидін табу формасынан көрініп тұрғандай, белгілі бір түрде гранулометриялық құрамы да әсер етеді. Физикалық саз бен

шөгінді фракциясының құрамы радионуклидтің бекітілген формасының құрамына тура әсер етеді. Топырақтың гранулометриялық құрамы қомақты дәрежеде олардың сіңіргіш қасиетін анықтайды. Топырақтың сіңіргіш қасиеті топырақ бөлшектерінің дисперстік дәрежесіне байланысты тура пропорционалды дәрежеде жатыр, топырақтың жеке фракциялары бөлшектердің көлемі бойынша ғана емес, физикалық және химиялық қасиеттері, минералогиялық құрамы бойынша да ерекшеленеді. Бөлшектердің көлемі азайған сайын кремний оксидінің құрамы да төмендейді, қарашіріктің құрамының және кальций, магний мен калийдің ауыспалы катиондарының мөлшері ұлғаяды. Топырақтың фракциясының мөлшері азайған сайын оларда радионуклидтердің беку беріктігі де ұлғаяды. Шөгінді тұнбалардың фракцияларындағы радионуклидтер берігірек бекиді.

Зерттеулердің нәтижесі көрсеткендей, қарашіріктің құрамы тығыз байланысқан формалардың құрамына тура әсер ете алады. Топырақтағы ^{90}Sr жүрісіне органикалық заттек ерекше әсер ететіні белгілі. ^{90}Sr таралуы және қозғалмалығы қомақты түрде қарашіріктің мөлшерлік және сапалық құрамымен анықталады. ^{90}Sr фульвоқышқылдармен қолайлырақ байланысқа түседі. Стронций топырақта, негізінен, күрделі кешен формасында орын алады, оның құрамына кальций, темір және алюминий енеді. Топырақта еріген немесе ерімеген күйде болуына байланысты стронцийдің қозғалмалы күйіндегі үлесі жоғарылайды немесе төмендейді.

Радионуклидтерді табу формасына арақатынасының ауыспалы негізіне әсер етуі жайлы мәселе аз зерттелген болып табылады. Біздің зерттеулердің нәтижелерінен топырақтағы ауыспалы негіздердің құрамы ^{90}Sr радионуклидінің қозғалмалығына кері әсерін тигізеді. Осылай, ауыспалы негіздердің құрамының ұлғаюы радионуклидтердің ауыспалы негіздердің құрамы формасының ұлғаюына және оның қолжетімді – бекітілген және тығыз байланысқан формаларының азаюына алып келеді.

Радионуклидтердің формаларының құрамы мен түрлі топырақ бөліктерінің арасында корреляциялы байланыстың болуы өз кезегінде жанама түріндегі көрсеткіші болып табылады және түрлі топырақ бөлшектерінің сіңіргіштік қасиеті мен минералогиялық, химиялық құрамы, сіңіргіш сыйымдылығы арасындағы байланысқа байланысты болуы мүмкін. Радионуклидтерді табу формасының құрамына топырақтың жеке бір қасиетіне әсер етуінің мөлшерлік параметрлерін анықтау қиын мәселе болып табылады, себебі физика-химиялық көрсеткіштердің көбі бір-бірімен тығыз байланысқан және әрбір жеке қасиеттің әсер ету дәрежесі барлық кешеннің әсер етуіне байланысты.

Радионуклидтердің қозғалмалығына топырақтың қышқылдығы үлкен әсерін тигізеді, алайда зерттелген топырақтағы бұндай заңдылық қарастырылып жатқан биогеоценоздардың шегінде аталған фактордың өзгеру аралығының жеткіліксіздігі салдарынан анықталған жоқ.

2.4. Топырақта радионуклидтерді табу формасына тұрақты изотоптардың және кейбір макроэлементтердің әсер ету мүмкіндігін бағалау

Өсімдіктерге радионуклидтердің қол жетуіне үлкен әсерді топырақта ауыспалы катиондардың – жеткізуші-элементтер мен тұрақты изотоптардың орын алуы көп әсерін тигізеді.

Химиялық элементтердің изотоптары болып отыра, радионуклидтер осы элементтердің тұрақты изтоптарымен сипатталатын сол химиялық элементтермен, сонымен қатар ұқсас-элементтердің химиялық қасиеттерімен сипатталады. Алайда, радионуклидтердің жүрісінің барабарлығы және олардың тұрақты ұқсастығы физика-химиялық формалар тепе-тең таралған жағдайда радионуклидтердің мән берілген фомалары мен табиғи формаларын табуда олардың тұрақты ұқсастығы топырақта, басқаша айтқанда топырақ құрауыштары мен фазаларында изотопты ауысудың толықтығына қол жеткізу барысында байқалады. Сол себепті біркелкі таралуға қол жеткізу уақыты топырақтың, реакцияның, топырақ ерітіндісінің құрамына, топырақ коллоидтарының құрамы мен мөлшерінің физика-химиялық қасиетіне байланысты ғана емес, сонымен қатар бірінші кезекте радионуклидтердің алғашқы физика-химиялық құрамына және оның нақты бір ландшафтық-геохимиялық жағдайда трансформациялану жылдамдығына байланысты.

Топырақтағы радионуклидтердің жүрісін макроэлементтер мен тұрақты изотоптардағы жүрісімен салыстыру үшін, макроэлементтер мен тұрақты изотоптардағы ^{90}Sr, ^{137}Cs радионуклидтерін табу формасының құрамы бойынша деректер, барлық формалардың жиынтық құрамының % түрінде төмендегі кестеде келтірілген (6-кесте).

6-Кесте

№ 176 штольнясы аумағындағы экожүйе топырағында макроэлементтер мен тұрақты изотоптарда ^{90}Sr, ^{137}Cs радионуклидтерін табу формасына арақатынасы, барлық формалардың жиынтық құрамының %

Табу формасы	Сілтілік металдар				Сілтілік – жер металдары				
	^{137}Cs, %	Cs, %	K, %	Na, %	^{90}Sr, %	Sr, %	Ca, %	Mg, %	Ba, %
суда ерігіш	2,1	*	0,3	0,5	1,1	1,2	1,2	0,5	0,04
ауыспалы	13,1	0,6	2,4	0,4	53,4	29,4	32,8	6,4	2,1
қозғалмалы	10,2	0,4	0,7	0,1	35,2	15,9	10,6	4,9	5,0
бекітілген	57,4	16,9	4,4	0,2	6,4	9,4	8,1	40,2	2,8
тығыз байланысқан	19,3	82,0	92,3	98,9	3,9	43,9	47,2	48,0	90,0
* – мөлшерлік деректер жоқ									

Элементтердің жүрісін қатаң барабарлығын күтілгендей, келтірілген деректерден анықталған жоқ, алайда белгілі бір тендения екі радионуклидте де қарастырылады. ^{137}Cs радионуклидінің жүрісі белгілі бір деңгейде K химиялық ұқсастығының жүрісіне және тұрақты Cs изотопына ұқсас. Na, K, Cs тығыз байланысқан формасы түріндегі элементтерінің негізгі үлесі, алғашқы және екінші минералдардың кристаллды торшасының құрамында келтірілгені заңды. ^{137}Cs радионуклидінің негізгі құрамы бекітілген формалар, сонымен қатар өсімдіктерге қол жетімсіз формалардың құрамында байқалады. ^{137}Cs қомақты ерекшелігі оның жеңіл қол жетімді формасының үлкен салыстырмалы құрамында.

Топырақтың құрауыштарында стронций радионуклидінің таралуы және бекітілуі, негізінен, изотопты тасығыштың – тұрақты стронцийдің, сонымен қатар

химиялық ұқсастық – тұрақты кальцийдің жүрісінің заңдылығымен анықталады. Кестеден көрініп тұрғандай, тұрақты Sr жүрісі Ca жүрісіне барабар. Топырақтағы оның жоғарғы құрамы тығыз байланысқан формада ұсынылған, ортақ құрамнан орташа алғанда 44–47 %, 31–34 % жеңіл қол жетімді формалары құрайды (суда ерігіш + ауыспалы), құрамы бойынша бекітілген (8,1–9,4 %) және қозғалмалы (10,6–15,9 %) формалары төмендеу. ^{90}Sr радионуклиді жоғары ерігіштігімен ерекшеленеді және сәйкесінше оның химиялық ұқсастықтарымен салыстырғанда жоғары биологиялық қол жетімділігі бар. ^{90}Sr радионуклидінің тығыз байланысқан формасынан, барлық формалардың жалпы құрамының барлығы 4 %-ға керісінше, минималды үлесі болып табылады. ^{90}Sr радионуклидін табудың қомақты формасы жеңіл қол жетімді (55 %) және қозғалмалы (35 %) болып табылады, ал ол бекітілген формаларының қомақты құрамынан төмен (6 %).

ҚОРЫТЫНДЫ

Өткізілген зерттеулердің қорытындысынан төмендегі нәтижелер алынды.

Штольнялардың ағын су экожүйесінің жайылымдық топырағында ^{137}Cs және ^{90}Sr табу формасының арақатынасы анықталды, негізінен, топырақтағы ^{137}Cs тығыз байланысқан күйде жатыр және едәуір ерекшеленеді. ^{137}Cs салыстырғанда, ^{90}Sr негізгі құрамы ауыспалы форманың үлесінде жатыр, шамасы ^{90}Sr биологиялық қол жетімділігінің көп бөлігімен шартталған.

Алдын ала жасалған зерттеулер топырақтағы ^{241}Am және $^{239+240}$Pu трансуранды радионуклидтердің әртүрлі жүрісін анықтады. ^{241}Am радионуклидінің негізгі құрамы қозғалмалы күйде, $^{239+240}$Pu – тығыз байланысқан, өсімдіктер жете алмайтын формада бір жерде жинақталған.

Топырақтың ортақ түрінің кеңістіктегі шектеулі бір экожүйесінің шегінде және жайылымдық топырақтан техногенді радионуклидтерді табу формасы құрамының басқа да шартының ұқсастығы барысында қомақты көлемде өзгереді: ^{137}Cs үшін – 5 –ден 790 есеге дейін, ^{90}Sr – үшін 1,5 -ден 24 есеге дейін.

Корреляциялық талдама өткізу нәтижесінде топырақтың кейбір физика-химиялық қасиетінің және топырақта кейбір макроэлементтердің, ұқсастық-элементтердің және тұрақты изотоптардың зерттеліп жатқан жайылымдық топырақта ^{137}Cs және ^{90}Sr техногенді радионуклидтерді табу формасының құрамына қатысты әлсіз әсер ету тенденциясының орын алуы анықталды.

Топырақта ^{137}Cs және ^{90}Sr радионуклидтердің және олардың химиялық ұқсастықтары мен тұрақты изотоптарының жүрісінің ұқсастығы бағаланды.

Жалпы алғанда, Дегелең таулы массивінің штольняларындағы ағын суларының екі жүйесіндегі топырақта түрлі радионуклидтерді табу формасын зерттеу бойынша жіті жұмыстар жүргізілген болатын, ол ұқсас физика-химиялық топырақ сипаттамалары және радиоактивті ластанулардың әртүрлі типтеріне ұқсас.

Алынған нәтижелердің негізінде алынған қорытындылар, Дегелең таулы массивінің жайылымдық топырағынан зерттелген радионуклидтерді табу формасын болжау және баға беру үшін қолданылуы мүмкін, радиоактивті ластану сипаты мен топырақ сипаттамасының өзгергіштігін ескере отырып қорытынды жасалды.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. *Агеец В.Ю.* Беларусия агросферасындағы радиоэкологиялық контрмер жүйесі / В.Ю.Агеец. - Гомель: «Радиология институты» РНИУП, 2001. – 250б.
2. *Молчанова И.В.* Топырақ-өсімдік жамылғысында радионуклидтердің жылыстауының эколого- геохимиялық аспектілері / И.В.Молчанова, Е.Н.Караваева. - Екатеринбург: УрО РАН, 2001. – 161б.
3. Чернобыль АЭС апаты аймағының жерүсті экожүйесінің радиоактивті ластануына әсер етуі (1986-1996): Коми ғылыми орталығының еңб. УрО Ресейлік ҒА, № 145. - Сыктывкар, 1996. – 115б.
4. *Лысенко Н.И.* Қоршаған ортаның радиоактивті ластанған жағдайында мал шаруашылығын жүргізу/ Н.И. Лысенко, А.Д. Пастернак, Л.В. Рогожина, А.Г. Павлов. – Санкт -Петербор, 2005. – 240б.
5. *Орлов Д.С.* Гумус биохимиясы бойынша іс-тәжірибе/ Д.С. Орлов, Л.А.Гришина, Н.Л. Ерошинева. - М.: Мәскеу Университетінің басылымы, 1969. – 160б.
6. МемСТ 12536-79. Топырақтар. Гранулометриялық (астық) құрамы мен микроагрегатты құрамын зертханалық анықтау әдісі. – МемСТ орнына 12536-67; енгізілді 1980-07-01. - М.: Стандарттар басылымы, 1979. -13б.
7. МемСТ 26213-91. Топырақтар. Органикалық заттектерді анықтау әдісі. – МемСТ орнына 26213-84; енгізілді 1991-12-29. - М.: Стандарттар басылымы, 1992. – 6б.
8. МемСТ 26423-85. – МемСТ 26428-85. Топырақтар. Су сорғының катионды-анионды құрамын анықтау әдісі. – Кіріспе. 1985-02-18. - М.: Стандарттар басылымы, 1985. – 10б.
9. Қазақстан Республикасының өсімдік және зертханалық зерттеулері бойынша әдістемелік көрсеткіштерінің жинағы. - Алматы, 1998. – 226б.

ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ В ПОЧВАХ ЭКОСИСТЕМ ВОДОТОКОВ ГОРНОГО МАССИВА ДЕГЕЛЕН

А. М. Кабдыракова, А. Е. Кундузбаева, С. Н. Лукашенко

В работе приводятся данные исследования форм нахождения техногенных радионуклидов ^{137}Cs, ^{90}Sr, $^{239+240}Pu$ и ^{241}Am в луговых почвах экосистем водотоков штолен № 176 и № 177 испытательной площадки «Дегелен» бывшего Семипалатинского испытательного полигона. Выявлено, что, несмотря на пространственное ограничение исследуемых экосистем, существует значительная вариация содержаний форм нахождения радионуклидов в почве. Показано, что преобладающей формой нахождения радионуклидов ^{137}Cs и $^{239+240}Pu$ в почвах исследуемых экосистем является прочносвязанная форма, радионуклидов ^{90}Sr и ^{241}Am – обменная и подвижная формы, соответственно. В результате проведенного корреляционного анализа оценено возможное влияние физико-химических свойств исследуемых почв на содержание форм нахождения радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr.

Ключевые слова: почва, формы нахождения радионуклидов, последовательное выщелачивание, физико-химические свойства почв, штольня, горный массив Дегелен.

PRESENCE FORMS OF RADIONUCLIDES IN SOILS OF WATERCOURSE ECOSYSTEMS AT DEGELEN RIDGE

A. M. Kabdyrakova, A. E. Kunduzbaeva, S. N. Lukashenko

The paper presents data on studying ^{137}Cs, ^{90}Sr, $^{239+240}$Pu and ^{241}Am presence forms in meadow soils of watercourse ecosystems of the tunnels №176 and №177 of "Degelen" testing ground of former Semipalatinsk nuclear test site. It was revealed that despite the spatial delimitation, there is considerable variation for radionuclide occurrence in soil. It is shown that ^{137}Cs and $^{239+240}$Pu radionuclides in soils of studied ecosystems are mainly in the soil-bound form, while ^{90}Sr and ^{241}Am present there in exchange and moving forms. Correlation analysis made us possible to assess the possible influence of physical and chemical properties of studied soils on content of ^{137}Cs and ^{90}Sr radionuclides.

Key words: soil, presence forms of radionuclides, consecutive leaching, physical and chemical properties of soil, tunnel, Degelen mountain massif.

УДК 577.4:577.391: 504.73:539.16

«ДЕГЕЛЕҢ» АЛАҢЫНЫҢ ШТОЛЬНЯДАН ШЫҚҚАН АҒЫН СУЛАРДЫҢ АУМАҒЫНДАҒЫ ӨСІМДІКТЕРДІҢ ТЕХНОГЕНДІ РАДИОНУКЛИДТЕРДІ ЖИНАҚТАУ ЕРЕКШЕЛІГІ

Н. В. Ларионова, С. Н. Лукашенко, А. М. Қабдырақова, А. Е. Құндызбаева, А. В. Паницкий, Ж. А. Байғазинов

Бұл мақалада «Дегелең» алаңының (жайылымдық биогеоценоз жағдайында) штольнядан шыққан ағын сулардың аумағындағы өсімдіктердің техногенді радионуклидтерді жинақтау ерекшелігін зерттеудің ортақтастырылған нәтижелері ұсынылған. Өсімдіктердің жер бетіндегі бөлігіндегі радионуклидтердің құрамының қарқыны мен таралу сипаты (ағзалар бойынша), сонымен қатар өсіп-өнудің негізгі фазалары анықталды. Өсімдіктің жер беткі бөлігіндегі топырағынан ^{241}Am бағалаушы және ^{137}Cs, ^{90}Sr, $^{239+240}$Pu радионуклидтерінің жинақтаушы параметрлері анықталды. Өсіп-өнудің 2 кезеңі бойында өсімдіктердің ^{137}Cs және ^{90}Sr жинақтауында тұрақсыздығы байқалды. Топырақтың кейбір физика-химиялық қасиеттерінің әсеріне, радионуклидтерді, олардың тұрақты изотоптарының және өсімдіктердің радионуклидтерді жинақтауына макроэлементерді анықтау түріне бағалау жұмыстары жасалды. Тұрақты Cs топыраққа енгізу жолымен ^{137}Cs радионуклидтерінің жинақтау параметрлерін төмендету мүмкіндігі қарастырылды.

Түйін сөздер: радиоэкология, радиоактивті ластану, радионуклидтер, тұрақты изотоптар, радионуклидтерді анықтау түрлері, макроэлементтер, топырақтар, топырақтардың физика-химиялық қасиеттері, өсімдіктер, өсіп-өну фазасы, жинақтау шамасы (Жш).

КІРІСПЕ

Чернобыльдағы және Оңтүстік Оралдағы ластанған аумақтардың көп жылғы мониторингі радионуклидтердің ауылшаруашылық дақылдармен, сол сияқты осы аймақтардың табиғи өсімдіктерімен жинақталу параметрлерін жан-жақты бағалауға мүмкіндік берді. Радионуклидтердің өсімдіктермен жинақталуына бірқатар факторлардың, олардың ішінде бөліп көрсететіні: радионуклидтердің физика-химиялық қасиеттері, топырақтардың агрохимиялық сипаттамалары, өсімдіктердің биологиялық ерекшеліктерінің [1, 2] әсері туралы деректер сол зерттеулердің негізгі нәтижелері болды. Тәжірибелік іс-тәжірибелер негізінде радионуклидтердің биологиялық қол жетімділігі мен топырақ қасиеттері (қарашірікпен, механикалық құрамымен, сіңіру сыйымдылығымен және т.б.) арасындағы, олардың өсімдіктермен жинақталу параметрлері мен өсімдіктердің өздерінің биологиялық ерекшеліктерінің арасындағы бірнеше заңдылықтар және көптеген тағы басқалары анықталды.

Алайда бұрынғы Семей сынақ полигонының (ССП) аумағы үшін радионуклидтердің табиғи биогеоценоздың өсімдіктерімен жинақталу ерекшеліктерін зерттеудің маңыздылығы тек аталған аймаққа ғана тән табиғи-климаттық ерекшеліктерін ескере отырып, қазір де даусыз сақталып отыр. Әсіресе осындай зерттеулердің полигон жерлерін шаруашылық айналымына беру бойынша ауқымды жұмыстарды жүргізу жағдайында өзекті болып саналады. Осыған байланысты, радионуклидтердің топырақтан аталған аймақ өсімдігінің жер үстіндегі бөлігіне өту параметрлері туралы, әсіресе $^{239+240}$Pu және ^{241}Am сияқты аз зерттелген радионуклид-

тер үшін шынайы ақпарат туралы қажеттілік пайда болады, бұл радионуклидтер туралы деректер тіпті АТЭХАГ қорытынды материалдарында да өте сирек кездеседі [3].

Жасанды радионуклидтердің жинақталуын зерттеу тұрғысында Дегелең таулы массивінің штольнялық радиоактивті-ластанған өзендерінің жайылма алқаптарында кең тараған, радионуклидтерді жинақтаудың әсіресе үлкен қасиеттеріне ие биогеоценоздардың жайылымдық өсімдіктері ерекше қызығушылық танытады. Бұл қасиет, бір жағынан, өсімдіктер үшін аса қол жетімді формадағы радионуклидтердің шыммен жинақталуына, екінші жағынан, жайылымдық түрлердің өздерінің тамырлық жүйесінің қалыптасу ерекшеліктеріне байланысты [4].

Өсімдіктердің зерттеліп жатқан түрлерімен радионуклидтердің жинақталу параметрлерінің алынған білімдері бұдан ары қарай ССП аумағында тұратын тұрғындар үшін дозаларды есептеу кезінде пайдаланылады, сондай-ақ зерттеліп жатқан аумақтың топырақ-өсімдік жамылғысының радиоактивті ластану мәселелерін шешуге бағытталған нақты іс-тәжірибелік ұсыныстарды, сол сияқты радиациялық ластану жағдайында алынатын өнімдегі радионуклидтердің құрамын төмендету бойынша шаралар кешенін әзірлеу үшін негіздеме қызметін атқарады.

1. ЗЕРТТЕУДІҢ МАТЕРИАЛДАРЫ МЕН ӘДІСТЕРІ

Зерттеулер бұрынғы ССП аумағында «Дегелең» (аттас Дегелең таулы массиві) алаңының №176 және №177 штольнялар ауданында жүргізілді.

1.1. Зерттеу әдістері

Өсімдік жамылғысын зерттеу

Аумақтың өсімдік жамылғысын зерттеу өсімдіктің негізгі типтерін бөлуі, жобалық жамылғы мен өсімдіктің түр құрамының анықталуы бар геоботаникалық суреттеудің жекелеген әдістерімен жүргізілді [5]. Суреттеумен қатар бір уақытта өсімдік жамылғысының өнімділігін әрқайсысының 1 м^2 ауданы бар 3 алаңда шабу әдісі арқылы анықтау жүзеге асты (1-сурет, а). Бұл кезде шөптесін өсімдіктер 1-3 см биіктікте, ірі шөптер – 4-6 см шабылды, жартылай бұталарда ағымдағы жылдың өскіні кесіп алынды немесе сындырылды. Құрғақ салмақтағы өнімділігін анықтау үшін кесілген өсімдіктер ауадай-құрғақ (сынғыш) жағдайға дейін кептіріліп, өлшенді.

а б в

1-Сурет. Өсімдік жамылғысының өнімділігін шабу (а), жайылымдық аралас шөптер (б), өзен алқабындағы бұталар (тал (*Salix triandra*)) (в) арқылы анықтау

Аралық радиациялық параметрлер

Радиоактивті ластанудың жоғары деңгейі бар зерттеу алаңдарын таңдау кезінде керекті радиациялық параметрлерді – β-бөлшектер ағыны тығыздығын және эквиваленттік доза қуатын (ЭДҚ) өлшеу стандартты әдістемеге сәйкес барлау жұмыстарын жүргізу кезінде орындалды [6].

Топырақтардың физика-химиялық талдамасы

Топырақтың механикалық құрамы әр түрлі өлшемді бөлшектердің қандай да бір тобын қамтитын топырақ фракцияларының пайыздық көрсеткіштегі сандық арақатынасын орнықтыратын пипет-әдіспен анықталды [7]. Топырақтағы қарашіріктің құрамын анықтау Никитиннің модификациясындағы Тюрин әдісі бойынша жүргізілді [7]. pH өлшеу жыныстардың сулы сығындысын индикаторлы шыны электродтан тұратын электродты жүйемен pH мөлшерге өлшеуге негізделген әдіспен жүргізілді. Индикаторлы шыны электродтың мүмкіндігі ерітіндідегі сутегі иондарының белсенділігімен және су жүретін көмекші электродты белгілі мүмкіндікпен салыстыру арқылы анықталады [8].

Радионуклидтердің өсімдіктер үшін қол жетімді табу формаларын, олардың тұрақты изоотоптары мен макроэлементтерін анықтау

Топырақтағы радионуклидтерді және микроэлементтерді табу формалары әр түрлі реагенттер арқылы топырақтан біртіндеп сілтілендіру және алынған сығындылардағы олардың құрамын анықтау әдісі арқылы анықталды [9]. Бұл үшін тесіктерінің диаметрі 1 мм елек арқылы еленген топырақтың 100 г ауадай-құрғақ сынамасын біртіндеп әр түрлі сілтілендіруші ерітінділермен өңдеп, сосын тиісінше сығынды алынды. Топырақ пен сілтілендіруші ерітіндінің арақатынасы барлық тәжірибе уақытында 1:5 ұсталып тұрды. Радионуклидтердің өсімдіктер үшін қол жетімді табу формаларын сумен (суда ерігіш форма) және аммонийдің сіркеқышқылды 1М ерітіндісімен (ауыспалы форма) алды.

Радионуклидтік талдама

Топырақ пен өсімдік сынамаларындағы радионуклидтердің тиесілі белсенділігін өлшеу бойынша талдамалар тексерілген зертханалық аппаратурада стандартты әдістемелік нұсқаулықтарға сәйкес жүргізілді [10, 11]. ^{137}Cs және ^{241}Am радионуклидтерінің тиесілі белсенділігін анықтау Canberra GX-2020 гамма-спектрометрінде, ^{90}Sr – «Прогресс» бета-спектрометрінде жүргізілді, $^{239+240}$Pu радиохимиялық бөлінумен соңынан Canberra альфа-спектрометрінде өлшеу арқылы анықталды. ^{137}Cs бойынша табу шегі 1 Бк/кг (өсімдік сынамалары үшін) және 4 Бк/кг (топырақ сынамалары үшін) құрады, ^{241}Am – 0,3 Бк/кг және 1 Бк/кг, $^{239+240}$Pu – 0,1 Бк/кг және 1 Бк/кг, тиісінше, ^{90}Sr – 200 Бк/кг құрады. ^{137}Cs және ^{241}Am үшін өлшеудегі кемшіліктер 10–20 %, ^{90}Sr – 15–25 %, $^{239+240}$Pu – 30 % аспады.

Элементтік талдама

Топырақ сынамаларындағы Na, K, Ca, Mg макроэлементтерінің және Cs және Sr тұрақты изотоптарының құрамына элементтік талдама масса-спектрометрия әдісімен және компьютер және арнайы бағдарламалық қамсыздандыруы бар индуктивті-байланысқан плазмамен «ELAN 9000» аспабында жүргізілді.

Жинақталу коэффициенттерін (Жк) есептеу

Радионуклидтердің топырақтан өсімдіктің жер бетіндегі бөлігіне тасымалдану параметрлерінің сандық құрамы үшін қажетті жинақталу коэффициенттерін

(Жк) есептеу өсімдік массасы бірлігіндегі радионуклид құрамының топырақ массасы бірлігіндегі радионуклид құрамына қатынасы ретінде беріледі [4].

1.2. Зерттеу нысандары

Топырақ

Зерттеліп жатқан топырақ жайылымдық топырақ қатарына – уақыт кезеңіндегі аздаған қалыптасуына қарай аз қуатты (арнадағы топырақ қалыңдығының қуаты 40–45 см аспайды, жағалау аймағында – 20-25 см) жатады, жеткілікті жақсы қарашіріктелген, әсіресе арнаның ортасында жеңіл ерігіш тұздар мен карбонаттардан жақсы шайылған.

Өсімдік

Жайылымдық биогеоценоз өсімдіктерінің негізгі топтары қосымша ылғалдандыру есебінен әр түрлілігімен жайылымдық өсімдіктері (күрең от (*Chamaenerium angustifolium*), сарықалуен (*Cirsium arvense*), түймешетен (*Tanacetum vulgare*), айрауық (*Calamagrostis arundinacea*), қалақай (*Urtica dioica*), бөдене (*Veronica spuria*), жалбыз (*Mentha interrupta*), қымыздық (*Rumex confertus)*, қазтамақ (*Geranium collinum*), шелна (*Sanguisorba officinalis*), тегеурінгүл (*Delphinium dictyocarpum*) және т.б.) бар штольнялардың радиоактивті-ластанған су ағындары алқаптарында шоғырланған (1-Сурет, б). Алқап өсімдігінің жобалық жамылғысы 90 % жетеді, өнімділігі 3-5 ц/га құрайды. Су ағыны арнасы ұзына бойымен бұталы тоғай (1-сурет, в) талдың (*Salix triandra*, *S. viminalis*) және итмұрынның қатысуымен (*Rosa spinosissima*) өседі, максималды ылғалдану жерлерінде құрақ тоғайлары тараған (*Phragmites australis*).

Тау етегіндегі жазықтықтардың өсімдік жамылғысы далалық шабындық ценоздармен (қияқ (*Leymus angustus*), жоңышқа (*Medicago falcata*), иманжапырақ (*Plantago cornuti*), мыңжапырақ (*Achillea asiatica*), қазтабан (*Potentilla bifurca*, *P. dealbata*), текесақал (*Dodartia orientalis*), көкбас (*Eryngium planum*), далазығыр (*Galatella biflora*), гүлкекіре (*Centaurea ruthenica*) т.б.) берілген. Жобалық жамылғы 50-ден 70 % дейін, өнімділік – 2-3 ц/га құбылады.

Жоғары радиоактивті ластанумен сипатталған штольнялық су ағындары аудандарының жоғары ылғалданған жерлеріне орайластырылған шабындық өсімдіктерінің өкілдері, сол сияқты жерасты сферасының аса терең қабатын тамыр жүйесінің өте тереңге жетуімен сипаттауға қабілеті бар бұталар «Дегелең» алаңының аса қызықты нысандары болып табылады. Мысалы, аталған жұмыста зерттеу нысандары ретінде шабындық аралас шөптердің тегістей тараған әр түрлі өкілдері (түймешетен (*Tanacetum vulgare*), күрең от (*Chamaenerium angustifolium*), сарықалуен (*Cirsium arvense*), қияқ (*Leymus angustus*)) және бірқатар тәжірибе жүргізу үшін қажетті, салыстырмалы жоғары биомассасымен сипатталатын бұталар – итмұрын (*Rosa spinosissima*) және тал (*Salix triandra*) таңдап алынған.

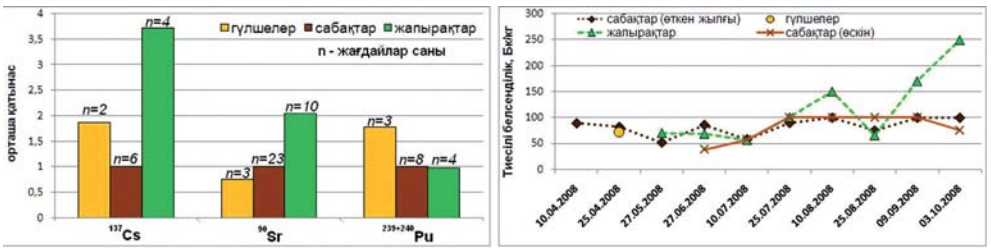
2. НӘТИЖЕЛЕР ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ТАЛҚЫЛАУ

2.1. Өсімдіктің жер үсті бөлігіндегі радионуклидтердің қайта таралуы және құрамының динамика сипатын зерттеу

Өсімдіктің жер үсті бөлігіндегі радионуклидтердің қайта таралуы және құрамының динамика сипатын зерттеу үшін № 177 штольнясының жербеткі

радиоактивті-ластанған су ағыны ауданында 3 мониторингтік алаң салынған. Әр алаңда барлық өсіп-өну маусымы ағымында (сәуірден қазанға дейін) жекелеген органдар сынамаларының (генеративті (гүлшелер) және вегетативті (жапырақтары мен сабақтары, соның ішінде өткен жылдың сабақтары және өскіндері)) бұталардың – талдың (*Salix triandra*) кезеңдік іріктеп алу (әр 15 күн) жасалды. Барлық сынамаларда ^{137}Cs, ^{90}Sr, ^{241}Am және $^{239+240}$Pu радионуклидтерінің тиесілі белсенділігі анықталды.

Гистограммада (2-сурет, а) үш мониторингтік алаңнан алынған деректер бойынша сабақтағы шоғырлануына нормаланған зерттеудің барлық кезеңі үшін талдың (*Salix triandra*) вегетативті (сабақтар мен жапырақтарда) және генеративті (гүлшелерде) органдарындағы ^{137}Cs, ^{90}Sr және $^{239+240}$Pu радионуклидтерінің орташаланған құрамы көрсетілген. Өсімдіктегі ^{241}Am тиесілі белсенділігінің мәндері табу шегінен төмен болды.



а б

2-Сурет. Талдың (*Salix triandra*) түрлі органдарындағы ^{137}Cs, ^{90}Sr және $^{239+240}$Pu радионуклидтерінің орташаланған құрамы (а); талдағы (*Salix triandra*) ^{90}Sr тиесілі белсенділігі мәндерінің динамикасы (б)

Генеративті органдардағы (гүлшелердегі) ^{137}Cs және ^{90}Sr радионуклидтердің шоғырлануы тұтасымен алғанда вегетативтіге қарағанда төмен (жапырақтары мен сабақтарында), гүлшелердегі ^{137}Cs құрамы оның сабақтардағы құрамынан асады, бұл кезде екі радионуклидтердің де негізгі құрамы жапырақтарда байқалады. $^{239+240}$Pu тиесілі белсенділігінің көп мәндері міндетті түрде гүлшелерде жиі (1,4-2,3 Бк/кг) және салыстырмалы азы – вегетативті органдарда (0,6-1,8 Бк/кг) кездеседі.

Талдың (*Salix triandra*) кестеде (2-сурет, б) көрсетілген өсіп-өну кезеңі ағымындағы жекелеген органдарындағы радионуклидтер құрамының динамикасы тек бір мониторингтік алаң үшін және ^{137}Cs, ^{241}Am және $^{239+240}$Pu белсенділіктерінің жеткілікті көп мәндерінің жоқтығына байланысты тек ^{90}Sr радионуклиді үшін берілген. Талдағы (*Salix triandra*) ^{90}Sr радионуклиді шоғырлануының белгіленген өсу үрдісі өскіннің жапырақтары мен сабақтары үшін байқалады, бұл кезде ^{90}Sr тиесілі белсенділігінің мәндері өткен жылдың сабақтарында орташа алғанда дәлсіздік шегінде құбылады. Тұтасымен алғанда, талдың (*Salix triandra*) қарастырылған вегетативті органдарындағы ^{90}Sr құрамының динамикасы жеткілікті күрделі сипатты, бұл жайылып өсу шарттарына (тікелей радиоактиві-ластанған су ағынында) да, сол сияқты зерттеліп жатқан өсімдіктің физиологиялық ерекшеліктеріне де байланысты.

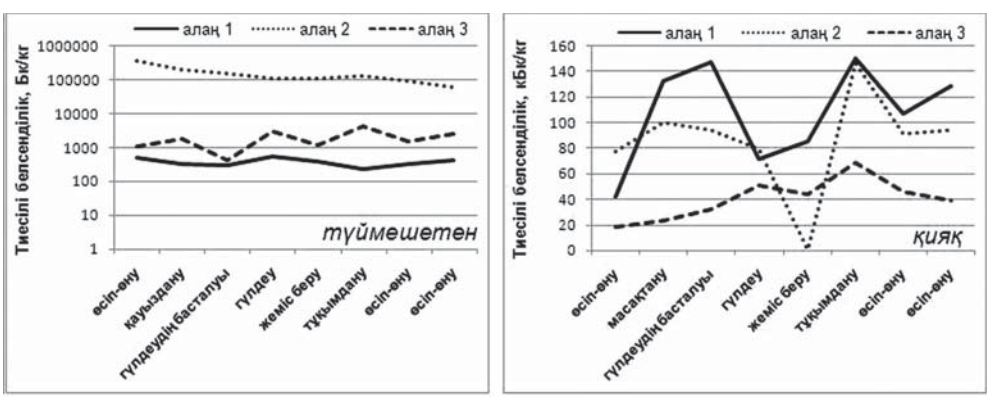
Өсіп-өнудің негізгі фазаларына байланысты өсіп-өну кезеңі ағымында өсімдіктің жер үсті бөлігіндегі ^{137}Cs және ^{90}Sr радионуклидтері құрамының динамикасын қосымша зерттеу № 176 штольня ауданындағы табиғи жайылым шөптерінің жекелеген түрлері үшін жүргізілді. Бұл үшін 6 зерттеу алаңдарында өсімдіктердің жер үсті бөлігі (қияқ

(*Leymus angustus*) пен түймешетен үшін (*Tanacetum vulgare*)) сынамаларын кезеңдік (әр 15 күннен сайын) іріктеп алу жүргізілді. Әр түр үшін ^{90}Sr тиесілі белсенділігінің орташа мәндерінің динамикасы кестеде берілген (3-сурет).

3-Сурет. Өсіп-өнудің негізгі фазаларына байланысты зерттеліп жатқан өсімдіктегі ^{90}Sr тиесілі белсенділігі орташа мәндерінің динамикасы

Алынған деректер талдамасы көрсеткендей, өсімдіктердің талданатын түрлеріндегі ^{90}Sr радионуклидінің құрамы гүлдену басталуымен күрт ұлғаяды және барлық өсіп-өну кезеңі ағымында өседі. Максималды жинақталу күзгі айларға келеді: түймешетен үшін – қыркүйекте, қияқ үшін – қыркүйек-қазанда.

Өсімдіктердің зерттеліп жатқан түрлеріндегі ^{137}Cs радионуклиді үшін құрам динамикасының мүлдем басқаша суреттемесі алынды (4-сурет).



а б

4-Сурет. Өсіп-өнудің негізгі фазаларына байланысты өсімдіктердегі (түймешетен (а) және қияқ (б)) ^{137}Cs құрамының динамикасы

Алынған нәтижелер негізінде, ^{137}Cs құрамының динамикасы зерттеліп жатқан өсімдіктердің әр түрлі түрлері үшін де, сол сияқты әр түрлі зерттеу алаңдары үшін де түрлі сипатқа ие, бұл кезде жер үсті бөліктегі ^{137}Cs жинақталуы өсіп-өну кезеңінің аяғында тек қияқ үшін байқалады. Тұтасымен алғанда, зерттеліп жатқан өсімдіктердің жер үсті бөліктеріндегі ^{137}Cs құрамы динамикасының қисық сызығы ^{90}Sr бойынша қисық сызыққа қарағанда аса күрделі сипатқа ие.

2.2. Радионуклидтердің топырақтан өсімдіктердің жер үсті бөлігіне тасымалдануының сандық параметрлерін анықтау

Радионуклидтердің топырақтан бірдей физика-химиялық қасиеттерімен өсімдіктердің әр түрлі түрлерінің жер үсті бөлігіне де, сондай-ақ әр түрлі топырақтық сипаттамалары бар топырақтан өсімдіктердің жекелеген түрлеріне де тасымалдануының сандық параметрлерін анықтау мақсатында № 176 штольня су ағыны арнасының ұзына бойында 5 зерттеу алаңы (ауданы 3 $м^2$ - ден) жасалды. Әр алаңнан түрлі құрамы бойынша бөлінген өсімдіктердің барлық жер үсті биомассасы (түймешетен (*Tanacetum vulgare*), далазығыр (*Galatella biflora*), аңдыз (*Inula salicina*), қоңырбас (*Poa trivialis*), бөдене (*Veronica spuria*), маралоты (*Thalictrum simplex*), күрең от (*Chamaenerium angustifolium*), құрақ (*Phragmites australis*), қияқөлең (*Carex caespitosa*), сарықалуен (*Cirsium arvense*), қалақай (*Urtica cannabina*)) іріктеп алынды. Топырақ сынамасы тамыр бара алатындай (~20 см) тереңге «шаншып алу» әдісімен іріктеп алынған 3 үлгіден тұрды. Жк есептеу әр алаң үшін топырақтың тиесілі белсенділігінің 3 мәндерінің арифметикалық ортасы пайдаланылды. Радионуклидті талдама нәтижелері кестеде берілген (1-кесте).

1-Кесте

^{137}Cs және ^{90}Sr радионуклидтерінің өсімдік және топырақ сынамаларындағы тиесілі белсенділігі

Зерттеу алаңының №	Өсімдіктер түрі	Радионуклидтердің тиесілі белсенділігі, кБк/кг			
		^{137}Cs		^{90}Sr	
		өсімдік	топырақ	өсімдік	топырақ
1	түймешетен (*Tanacetum vulgare*)	34,4±0,2	12,5±0,1	46±5	31±4
	далазығыр (*Galatella biflora*)	47,0±0,1		19±3	
	аңдыз (*Inula salicina*)	39,0±0,3		77±9	
	қоңырбас (*Poa trivialis*)	20,3±0,2		27±4	
	бөдене (*Veronica spuria*)	22,0±0,1		48±6	
2	түймешетен (*Tanacetum vulgare*)	73,3±0,3	37±0,3	42±5	21±3
	далазығыр (*Galatella biflora*)	32,1±0,1		37±5	
	аңдыз (*Inula salicina*)	23,3±0,2		64±8	
	қоңырбас (*Poa trivialis*)	31,0±0,1		19±3	
	бөдене (*Veronica spuria*)	72,4±0,2		32±4	
3	түймешетен (*Tanacetum vulgare*)	222,0±0,3	30,6±0,3	36±5	20±3
	далазығыр (*Galatella biflora*)	238,0±0,5		33±4	
	аңдыз (*Inula salicina*)	58,0±0,5		50±6	
	қоңырбас (*Poa trivialis*)	71,0±0,7		13±2	
	бөдене (*Veronica spuria*)	94,0±0,2		44±5	
4	далазығыр (*Galatella biflora*)	5,0±0,1	4,00±0,04	19±3	16±2
	маралоты (*Thalictrum simplex*)	0,60±0,03		22±3	
	күрең от (*Chamaenerium angustifolium*)	14,0±0,1		50±6	
	құрақ (*Phragmites australis*)	25,0±0,2		35±4	
	қияқөлең (*Carex caespitosa*)	1,55±0,03		13±2	
	сарықалуен (*Cirsium arvense*)	7,2±0,1		79±9	

5	құрақ (*Phragmites australis*)	37,1±0,3	81,1±0,7	34±4	23±3
	қияқөлең (*Carex caespitosa*)	35,0±0,3		22±3	
	түйетікен (*Carduus nutans*)	76,2±0,3		90±10	
	қалақай (*Urtica cannabina*)	74,0±0,2		126±15	

^{137}Cs және ^{90}Sr радионуклидтерінің өсімдіктермен жинақталу көлеміне салыстырмалы талдау жүргізу үшін өсімдіктердің биологиялық ерекшеліктері мен топырақтардың физика-химиялық қасиеттеріне байланысты Жк, сондай-ақ өсімдіктердің жекелеген түрлері және әр түрлі зерттеу алаңдары үшін арифметикалық орта көрсеткіші пайыздарында Жк басты жинақтығы бойынша стандартты ауытқуды көрсететін вариация коэффициенттері (V) есептелді (2-кесте).

2-Кесте

^{137}Cs және ^{90}Sr радионуклидтерінің жинақталу коэффициенттері және вариация коэффициенттері (V)

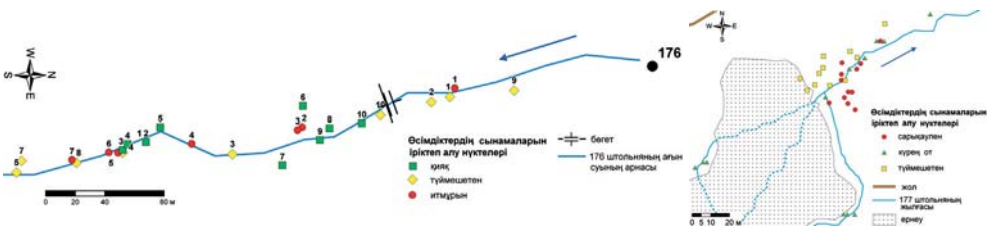
Өсімдік түрі	^{137}Cs Жк					V, %	^{90}Sr Жк					V, %
	1*	2	3	4	5		1	2	3	4	5	
түймешетен (*Tanacetum vulgare*)	2,8	2,0	7,2	-	-	70	1,5	2,0	1,8	-	-	16
далазығыр (*Galatella biflora*)	3,8	0,9	7,8	1,3	-	92	0,6	1,8	1,7	1,2	-	41
аңдыз (*Inula salicina*)	3,1	0,6	1,9	-	-	66	2,5	3,1	2,5	-	-	13
қоңырбас (*Poa trivialis*)	1,7	0,8	2,3	-	-	46	0,8	0,9	0,6	-	-	17
бөдене (*Veronica spuria*)	1,8	2,0	3,1	-	-	31	1,5	1,5	2,2	-	-	21
маралоты (*Thalictrum simplex*)	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	1,4	-	-
күрең от (*Chamaenerium angustifolium*)	-	-	-	3,8	-	-	-	-	-	3,1	-	-
құрақ (*Phragmites australis*)	-	-	-	6,7	0,1	137	-	-	-	2,2	1,5	28
қияқөлең (*Carex caespitosa*)	-	-	-	0,4	0,1	87	-	-	-	0,8	1,0	12
сарықалуен (*Cirsium arvense*)	-	-	-	2,0	0,2	113	-	-	-	5,0	4,0	16
қалақай (*Urtica cannabina*)	-	-	-		0,2	-	-	-	-	-	5,6	-
V, %	35	53	63	104	41	-	52	43	40	68	72	-
Ескерту: -алаңда өсімдіктің аталған түрі болған жоқ; * зерттеу алаңының №												

Жүргізілген талдама нәтижелері бойынша топырақтардың физика-химиялық қасиеттерінің бірдей жағдайындағы өсімдіктердің әр түрлі түрі үшін де, сол сияқты әр түрлі зерттеу алаңдарындағы әр жекелеген түр үшін де ^{137}Cs және ^{90}Sr Жк мәндері өзгеретіні анықталды.

^{137}Cs Жк мәндерінің диапазоны белгіленген бір зерттеу алаңдарындағы өсімдіктердің әр түрлі түріне қарағанда бірқатар зерттеу алаңдарында өсімдіктердің жеке түрлері бойынша жоғары. Өз кезегінде ^{90}Sr Жк мәндерінің аралығы ^{137}Cs Жк қарағанда салыстырмалы аз дәрежеде құбылады, ал мәндердегі үлкен айырмашылық, өсімдіктердің әр түрлі түрі қатарында байқалады, ^{90}Sr әр түрлі зерттеу алаңдарында өсімдіктердің жекелеген түрлерімен жинақталуындағы өзгерістер көп емес. Сонымен, ^{137}Cs радионуклидінің өсімдіктермен жинақталуына көп дәрежеде өсіп жайылу

орындарындағы топырақ сипаттамасы, ал ^{90}Sr жинақталуына – өсімдіктердің өздерінің түрлік ерекшеліктері әсер етеді деп болжауға болады.

Жк статистикалық шынайы мәндерін бекіту үшін жайылымдық биогеоценоз өсімдіктердің жекелеген түрлері үшін № 176 және № 177 штольнялар су ағынының бойымен радиоактивті ластану орындарында тиісінше 30 және 36 зерттеу алаңдары салынды, оларда топырақ және өсімдіктердің жер үсті бөлігінің сынамаларын іріктеп алу қатар жүргізілді (5-сурет). Өсімдіктердің тәжірибелік түрі ретінде № 176 штольня ауданында түймешетен (*Tanacetum vulgare*), итмұрын (*Rosa spinosissima*) және қияқ (*Leymus angustus*), № 177 штольня ауданында – түймешетен (*Tanacetum vulgare*), күрең от (*Chamaenerium angustifolium*) және сарықалуен (*Cirsium arvense*) таңдап алынды. Өсімдіктерді іріктеп алу ауданы 1м^2 асқан жоқ. Топырақ тамыр бара алатындай қабаттан құз жыныстарына дейінгі (20 см) тереңге «шаншып алу» әдісімен іріктеп алынды.



5-Сурет. № 176 штольня (а) және № 177 штольня (б) ауданындағы зерттеу алаңдарының орналасу сұлбасы

№ 176 штольня ауданында іріктеп алынған сынамаларда ^{137}Cs және ^{90}Sr радионуклидтерінің, № 177 штольня ауданында – ^{137}Cs, ^{90}Sr, $^{239+240}$Pu және ^{241}Am тиесілі белсенділіктері анықталды. Зерттеліп жатқан өсімдіктердің түрлері мен топырақтардағы радионуклидтердің аталған құрамдары кестеде берілген (3-кесте).

3-Кесте

№ 176 және №177 штольнялар ауданы зерттеліп жатқан өсімдік түрлері мен топырақтарындағы ^{137}Cs, ^{90}Sr, $^{239+240}$Pu және ^{241}Am радионуклидтерінің тиесілі белсенділік мәндерінің аралықтары

Зерттеу нысаны		Тиесілі белсенділік мәндерінің аралығы, Бк/кг							
		^{137}Cs		^{90}Sr		$^{239+240}$Pu		^{241}Am	
		min	max	min	max	min	max	min	max
176*	түймешетен	(0,12±0,02)*10^3	(8,7±0,1)*10^4	(12±2)*10^3	(2,5±0,3)*10^4	-	-	-	-
	итмұрын	(0,03±0,01)*10^3	(1,2±0,1)*10^4	(4,4±0,8)*10^3	(2,7±0,4)*10^4	-	-	-	-
	қияқ	(0,03±0,01)*10^3	(5,4±0,1)*10^4	(3,9±0,8)*10^3	(2,1±0,3)*10^4	-	-	-	-
	топырақ	(0,03±0,01)*10^3	(45,2±0,1)*10^4	(0,6±0,2)*10^3	(3,3±0,4)*10^4	-	-	-	-
177*	түймешетен	-**	101±3	(30±4)*10^3	(85±10)*10^3	2±0,5	51±4	-**	-**
	күрең от	-**	38±4	(7±1)*10^3	(150±20)*10^3	6±1	12±2	-**	2±1
	сарықалуен	-**	540±4	(100±10)*10^3	(320±40)*10^3	40±10	90±10	-**	4±1
	топырақ	16±3	11300±100	(1,8±0,4)*10^3	(130±15)*10^3	(2,9±0,04)*10^3	(12,2±0,1)*10^3	-**	680±10
Ескерту: * - штольня нөмірі; ** - табу шегінен төмен: ^{137}Cs - <0,1; ^{241}Am - <0,3									

Таңдап алынған зерттеу алаңдары топырақтарының да, өсімдіктерінің де радиоактивті ластану деңгейі жеткілікті кең диапазонда құбылады. № 177 штольня ауданындағы аса көп шоғырлану ^{90}Sr радионуклидіне тән, бұл кезде кейбір өсімдіктердегі ^{137}Cs құрамы табу шегінен төмен байқалды, ал өсімдіктердегі ^{241}Am тиесілі белсенділік мәндері минималды және жиі сан жағынан анықталмаған. $^{239+240}$Pu радионуклидінің тиесілі белсенділігі тек әзірге оның топырақтағы көрінеу белгілі жоғары құрамы бар зерттеу алаңдары үшін ұсынылған.

Кестеде (4-кесте) ^{137}Cs, ^{90}Sr және $^{239+240}$Pu өсімдіктердің зерттеліп жатқан түрлерімен Жк берілген. ^{241}Am Жк мәндері тиесілі белсенділігінің сандық көлемінің толық болмауы бағалау түрде берілген.

4-Кесте

№ 176 және № 177 штольнялар ауданындағы радионуклидтердің жинақталу коэффициенттерінің (Жк) мәндер аралығы

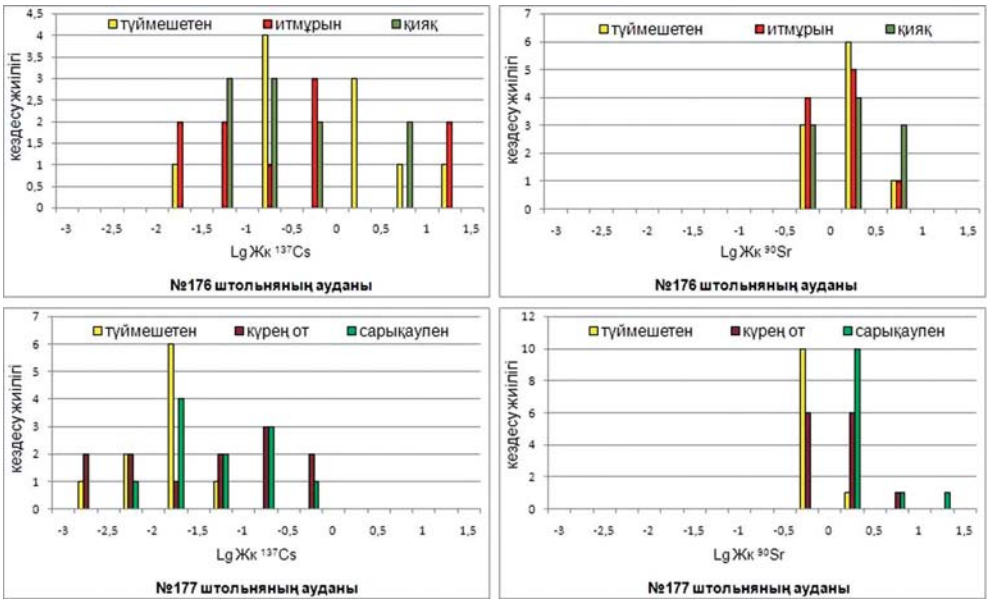
Радионуклидтер	Жк					
	№ 176 штольня			№ 177 штольня		
	қияқ	итмұрын	түймешетен	түймешетен	күрең от	сарықалуен
^{37}Cs	1,30 (n=10) 0,05 - 7,50	2,60 (n=10) 0,01 - 13,20	2,80 (n=10) 0,01 - 16,30	0,02 (n=10) 0,002 – 0,06	0,20 (n=12) 0,001 – 1,00	0,10 (n=11) 0,008 – 0,60
^{90}Sr	3,30 (n=10) 0,90 - 9,50	2,00 (n=10) 0,40 - 4,50	1,80 (n=10) 0,80 - 5,70	0,80 (n=11) 0,50 – 1,40	1,30 (n=13) 0,50 – 4,00	2,47 (n=11) 1,80 – 3,20
$^{239+240}$Pu	-	-	-	0,01 (n=5) 0,0003 – 0,02	0,004 (n=3) 0,001 – 0,003	0,01 (n=2) 0,003 – 0,02
^{241}Am	-	-	-	<0,03 (n=10)	<0,13 (n=12)	<0,09 (n=9)
Ескерту: алымында – арифметикалық орта, бөлгішінде – мәндер аралығы, n –жағдайлар саны						

Салыстырмалы талдама негізінде екі штольнялардың ауданындағы ^{137}Cs және ^{90}Sr радионуклитерінің Жк мәндерінің аралығы зерттеліп жатқан аумақтардың салыстырмалы аз ауданына қарамастан климаттық жағдайлар мен топырақ типінің сәйкестігі, сондай-ақ өсімдіктердің түрлері бойынша сынама іріктеп алу күтпеген кең шектерде құбылатынын атап өтуге болады. ^{90}Sr радионуклиді үшін ол бір ретті құрайды, ^{137}Cs үшін үшеуге жетеді. ^{241}Am өсімдіктермен Жк бағалау мәндері № 177 штольня ауданында орташа алғанда 0,1 аспайды; $^{239+240}$Pu Жк 0,0001-ден 0,01 дейінгі шекте орналасқан.

^{137}Cs және ^{90}Sr радионуклидтерінің екі штольня ауданындағы зерттеліп жатқан өсімдіктермен Жк салыстырмалы таралуы олардың ондық логарифмдер түрінде берілген мәндерінің кездесу бөлшігінің гистограммасы түрінде ұсынылған (6-сурет).

Жк мәндері таралуындағы айырмашылықтар өсімдіктердің әр түрлі түрлері үшін, сол сияқты әр түрлі радионуклидтер үшін де анық көрінеді, ^{90}Sr қарағанда ^{137}Cs үшін ерекше анық көрінеді. № 176 штольня ауданында түймешетен мен итмұрынға қарағанда (үш реттіктен), қияқ үшін ^{137}Cs Жк мәндер аралығы азырақ (екі реттік), ал № 177 штольня ауданында ^{137}Cs Жк мәндер аралығы сарықалуен (екі реттік) мен

күрең отқа (үш реттік) қарағанда түймешетен үшін азырақ (бір реттік). ^{90}Sr Жк орташа мәндері болса ^{137}Cs қарағанда, тұтас алғанда үлкен көрсеткіштерге қарай ығысқан, яғни өсімдіктерде көп мөлшерде ^{90}Sr ғана жинақталады. №177 штольня ауданындағы ^{90}Sr Жк орташа мәні бірліктерден аспайтын түймешетен жекелеген ерекшелікті көрсетеді. Сондай-ақ ^{137}Cs Жк мәндерінің аз мөлшер жағына қарай жекелеген ығысуы №177 штольня ауданындағы барлық зерттеліп жатқан өсімдіктер үшін байқалады.



6-Сурет. ^{137}Cs және ^{90}Sr №176 және № 177штольня ауданында зерттеліп жатқан өсімдіктермен Жк Lg мәндерінің таралуы

Жк мәндерінің нұсқалық бағалауы үшін өсіп-өнудің біршама кезеңі ағымында № 176 штольня су ағынының бойымен қосымша өлшемі 1м×1м болатын 10 зерттеу алаңы салынды. Әрқайсысында топырақтың аралас сынамасы тамыр бара алатындай қабат тереңдігінде (20 см) іріктеп алынды, және 2 жыл ағымында қатарынан өсімдіктердің жер үсті бөлігін іріктеп алу жүргізілді. Зерттелетін түрлер болып қияқ (*Leymus angustus*), қазтабан (*Potentilla bifurca*), тобылғы (*Spiraea hypericifolia*), бөдене (*Veronica spuria*), жусан (*Artemisia latifolia*) саналды. Барлық іріктеп алынған сынамаларда ^{137}Cs және ^{90}Sr радионуклидтерінің тиесілі белсенділігі анықталып, мәндері кестеде көрсетілген Жк есептелді (5-кесте).

5-Кесте

^{137}Cs және ^{90}Sr радионуклидтерінің жинақталу коэффициенттерінің (Жк) мәндері; радионуклидтердің 2008 ж. алынған Жк мәндерінің 2009 ж. алынған Жк мәндеріне қатынастары

Алаң-ның №	Өсімдіктер түрлері	Жк				Радионуклидтердің 2008 ж. алынған Жк мәндерінің 2009 ж. алынған Жк мәндеріне қатынастары	
		^{137}Cs		^{90}Sr			
		2008	2009	2008	2009	^{137}Cs	^{90}Sr
I	қияқ (*Leymus angustus*)	0,09	0,12	1,06	1,13	0,8	0,9
	қазтабан (*Potentilla bifurca*)	0,16	0,10	1,81	2,56	1,6	0,7
II	қияқ (*Leymus angustus*)	0,11	0,01	1,00	1,17	11,0	0,9
III	қияқ (*Leymus angustus*)	1,21	0,49	1,97	0,93	2,5	2,1
	қазтабан (*Potentilla bifurca*)	0,09	0,14	3,55	4,08	0,6	0,9
	тобылғы (*Spiraea hypericifolia*)	0,03	0,07	1,84	2,50	0,4	0,7
IV	қияқ (*Leymus angustus*)	0,32	0,05	1,86	2,22	6,4	0,8
V	қияқ (*Leymus angustus*)	0,15	0,06	4,39	3,23	2,5	1,4
	бөдене (*Veronica spuria*)	0,20	0,11	5,54	6,24	1,8	0,9
VI	қияқ (*Leymus angustus*)	0,13	0,16	1,70	0,89	0,8	1,9
	қазтабан (*Potentilla bifurca*)	0,05	0,03	3,10	3,80	1,7	0,8
	жусан (*Artemisia latifolia*)	0,69	0,05	2,40	2,00	13,8	1,2
VII	қияқ (*Leymus angustus*)	0,34	0,41	1,60	0,77	0,8	2,1
	қазтабан (*Potentilla bifurca*)	0,37	0,11	4,30	3,20	3,4	1,3
	тобылғы (*Spiraea hypericifolia*)	0,42	0,16	1,80	1,50	2,6	1,2
	жусан (*Artemisia latifolia*)	0,25	0,08	1,20	1,90	3,1	0,6
VIII	қияқ (*Leymus angustus*)	0,83	0,76	1,36	1,36	1,1	1,0
	қазтабан (*Potentilla bifurca*)	0,40	0,24	3,73	4,73	1,7	0,8
	тобылғы (*Spiraea hypericifolia*)	0,20	0,09	1,27	1,55	2,2	0,8
IX	қияқ (*Leymus angustus*)	0,33	0,07	1,86	0,89	4,7	2,1
	қазтабан (*Potentilla bifurca*)	0,18	0,20	4,68	4,65	0,9	1,0
X	қияқ (*Leymus angustus*)	1,78	1,56	1,53	1,05	1,1	1,5
	қазтабан (*Potentilla bifurca*)	0,47	0,35	4,24	5,06	1,3	0,8
Радионуклидтердің 2008 ж. алынған Жк мәндерінің 2009 ж. алынған Жк мәндеріне орташа қатынастары						2,9	1,2

Ұсынылған деректер өсімдіктердің әр түрлі түрі үшін де, сол сияқты әр түрлі зерттеу алаңдары үшін де Жк түрлі маусымдағы Жк тұрақсыздығын көрсетеді, бұл кезде ^{137}Cs және ^{90}Sr радионуклидтерінің жинақталуы бір жағдайларда ұлғаяды, екіншілерде – азаяды. Радионуклидтердің 2008 ж. алынған Жк мәндерінің 2009 ж. алынған Жк мәндеріне келтірілген қатынастары аталған параметрдің вариабельдігін ^{137}Cs және ^{90}Sr радионуклидтері үшін сандық жағынан өсімдіктердің бір ғана түрімен көрсетеді. Мысалы, әр түрлі маусымдар үшін жеке жағдайларда ^{137}Cs радионуклидінің Жк мәндеріндегі айырмашылық реттікке жетеді, бұл кезде ^{90}Sr орташа алғанда 2 реттен көп емес өзгереді. Алынған нәтижелер ^{137}Cs және ^{90}Sr радионуклидтерінің топырақтағы

және түсудегі маусымдық қайта таралуының қандай да бір жағдайларының, сондай-ақ әр кезеңнің климаттық сипаттамасының маңызды әсері болуы туралы айтады.

2.3. Топырақтың кейбір физика-химиялық қасиеттерінің және ондағы радионуклидтерді табу формаларының радионуклидтердің өсімдіктермен жинақталуына әсерін бағалау

Топырақтың кейбір физика-химиялық қасиеттерінің және ондағы радионуклидтерді табу формаларының соңғылардың өсімдіктермен жинақталуына әсерін бағалау $^{239+240}$Pu және ^{241}Am бойынша сандық деректердің жетіспеушілігінен № 176 және № 177 штольня аудандарында іріктеп алынған топырақтар мен өсімдіктердің 30 және 36 сынамалары негізінде ^{137}Cs және ^{90}Sr үшін ғана орындалды (5-сурет, а, б).

Кестеде (6-кесте) топырақтардың кейбір физика-химиялық қасиеттері және олардағы радионуклидтерді табу формаларының пайыздық құрамы бар ^{137}Cs және ^{90}Sr Жк түзету талдамасының нәтижелері ұсынылған. ^{137}Cs суда ерігіш формасы үшін өте төмен шоғырлануға байланысты түзету коэффициенттерінің мәндері жоқ.

6-Кесте

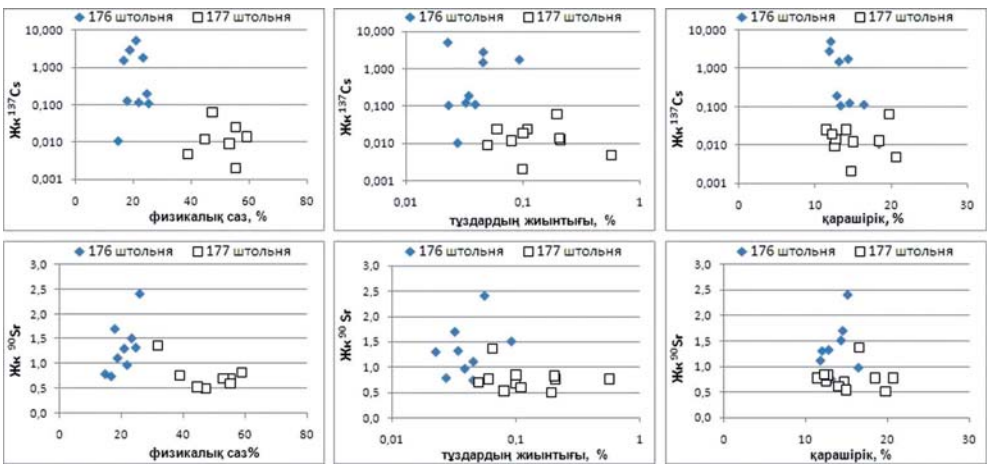
Радионуклидтердің жинақталу коэффициенттері (Жк) мен топырақтардың физика-химиялық қасиеттері және радионуклидтерді табу формалары құрамдарының түзету байланыстары

Салыстырмалы белгілер			Топырақтың физика-химиялық қасиеттері				Радионуклидтерді табу формалары (топырақтағы жалпы құрамынан %)		
			Қара-шірік, %	pH	Физика-лық саз, %	Тұздар жиын-тығы, %	Суда ерігіш	Ауыспалы	
							^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr
Жк ^{137}Cs	№ 176 штольня	түймешетен	-0,60	0,65	0,41	0,61	-	0,55	-
		итмұрын	0,24	-0,25	0,76	0,73	-	0,70	-
		қияқ	-0,67	0,20	0,63	-0,21	-	0,38	-
	№ 177 штольня	түймешетен	0,23	-0,38	-0,06	-0,13	-	0,57	-
		күрең от	0,60	0,33	0,02	0,22	-	-*	-
		сарықалуен	0,49	0,45	-0,05	-0,01	-	-*	-
Жк ^{90}Sr	№ 176 штольня	түймешетен	-0,32	0,79	0,68	0,41	0,70	-	0,06
		итмұрын	-0,20	-0,14	0,79	0,49	0,86	-	-0,37
		қияқ	-0,43	0,09	0,73	0,20	0,65	-	-0,22
	№ 177 штольня	түймешетен	-0,04	-0,01	-0,57	-0,09	-0,26		0,74
		күрең от	0,19	0,19	0,35	-0,24	-*	-	-*
		сарықалуен	-0,02	0,17	0,28	0,13	-*	-	-*
Ескерту: * - деректер жоқ									

Кейбір тік түзетудің тәуелделігі ^{137}Cs Жк мен топырақтағы аталған радионуклид құрамының ауыспалы формасы арасында байқалады. Түзету коэффициенттерінің статистикалық шынайы оң мәндері барлық зерттеліп жатқан өсімдіктерге ^{90}Sr Жк мен оның № 176 штольня ауданы топырағындағы суда ерігіш формасының арасындағы және № 177 штольня ауданындағы ауыспалы форма арасында тән.

Жк мен зерттеліп жатқан топырақтың физика-химиялық қасиеттері арасындағы түзету коэффициенттерінің мәндерін қарастыра отырып, №176 штольня ауданындағы физикалық саздың зерттеліп жатқан өсімдіктердің ^{137}Cs және ^{90}Sr радионуклидтерін жинақтау мөлшеріне маңызды әсерінің болжамды болуы туралы айтуға болады. Қалған жағдайларда алынған нәтижелер тым қарама-қарсы сипатқа ие және ешқандай заңдылықтарды анықтамайды.

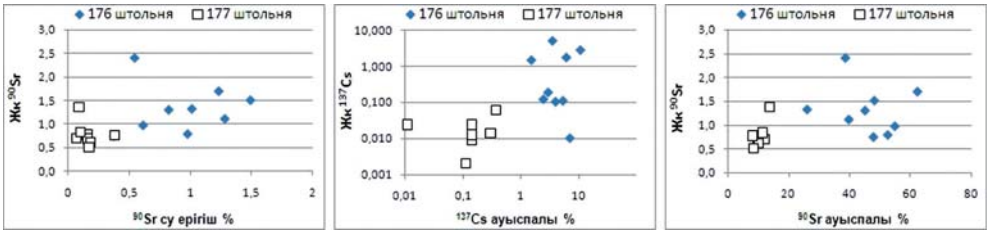
Өсімдіктердің радионуклидтерді жинақтаудың топырақтың физика-химиялық қасиеттерінен тәуелділігінің болмауы аталған фактордың қарастырып отырған биогеоценоздардың (№176 немесе №177 штольня ауданында) біреуінің шегіндегі құбылудың жеткіліксіз диапазонымен байланысты болуы мүмкін. Алайда Жк мен топырақтың кейбір физика-химиялық қасиеттерінің арасында себепті-салдарлы байланыстың мүмкіндігі түймешетен үшін екі штольня бойынша нәтижелерді қорытындылау кезінде табылуы мүмкін (7-сурет).



7-Сурет. Жайылымдық топырақтың кейбір физика-химиялық қасиеттерінен Жк тәуелділігі (түймешетен үшін)

Ұсынылған кестелер Жк мәндеріндегі де, сол сияқты екі штольня үшін топырақтың физика-химиялық қасиеттеріндегі де айырмашылықтарды көрсетеді. Мысалы, № 176 штольня ауданындағы топырақтар жеңілірек механикалық құраммен сипатталады және №177 штольня топырақтарына қарағанда суда ерігіш тұздардан жақсы шайылған, бұл кезде екі штольня ауданындағы қарашірік құрамы салыстырмалы бірдей, ал №176 штольня ауданындағы ^{137}Cs де және ^{90}Sr де Жк түймешетен №177 штольня ауданындағыға қарағанда жоғары. Сонымен, №177 штольня ауданындағы өсімдіктермен радионуклидтердің салыстырмалы аз жинақталуы ауырырақ механикалық құраммен және осы штольня аудан топырағындағы тұздардың жоғары құрамымен байланысты болуы мүмкін.

Осы сияқты талдама №176 және №177 штольнялар ауданы топырақтарындағы радионуклидтерді табу формалары үшін де жүргізілді (8-сурет).

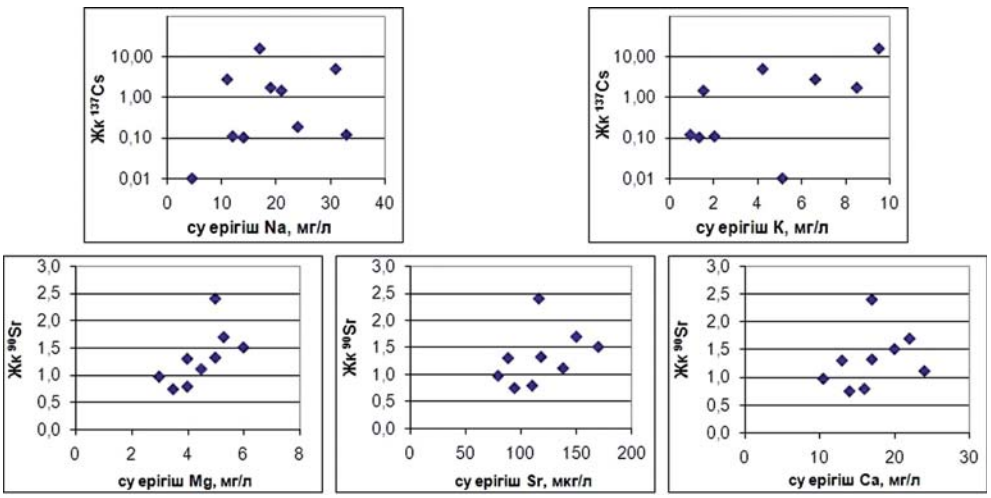


8-Сурет. Жк радионуклидтерді табу формаларынан тәуелділігі (түймешетен үшін)

Алынған тәуелділіктер тұтасымен алғанда сондай-ақ өсімдіктерге қол жетімді радионуклидтердің формаларының топырақтағы аса жоғары құрамының (суда ерігіш және ауыспалы) олардың өсімдіктермен, анығырақ № 176 штольня ауданындағы түймешетенмен жинақталуының деңгейін көтеруге көрсететін нақты әсерін дәлелдейді.

2.4. Кейбір макроэлементтер мен тұрақты изотоптардың радионуклидтердің өсімдіктермен жинақталуына әсерін бағалау

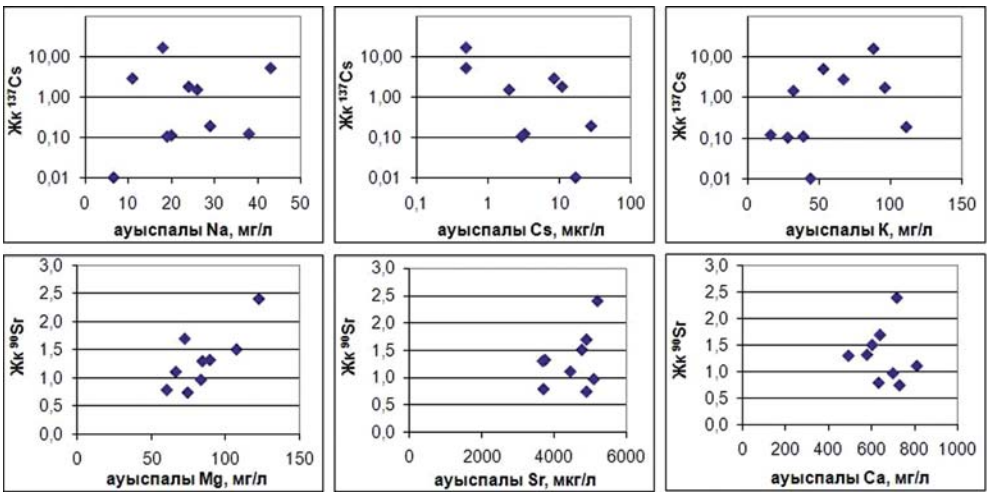
Радионуклидтердің өсімдіктермен жинақталуы анық бір дәрежеде топырақтағы кейбір макроэлементтердің (ұқсас элементтер), сондай-ақ зерттеліп жатқан радионуклидтердің тұрақты изотоптары құрамына байланысты [12]. Зерттеліп жатқан өсімдіктермен ^{137}Cs және ^{90}Sr радионуклидтерінің жинақталуына Na, K, Ca, Mg, Cs және Sr әсерінің мүмкін болуы №177 штольня ауданында іріктеп алынған өсімдіктер (түймешетен мысалында) мен топырақтардың 30 сынамасының деректері негізінде қарастырылды (5-сурет, а). Кестелерде ^{137}Cs және ^{90}Sr Жк жайылымдық топырақтардағы Na, K, Ca, Mg және Sr суда ерігіш формасы (өте төмен шоғырлануға байланысты Жк Cs суда ерігіш формасы құрамынан тәуелділігі жоқ) құрамынан тәуелділігі берілген (9-сурет).



9-Сурет. ^{137}Cs және ^{90}Sr Жк жайылымдық топырақтардағы кейбір элементтердің су ерігіш формасы құрамынан тәуелділігі (түймешетен үшін)

Ca, Mg және Sr топырақтардағы суда ерігіш формасынан Жк тікелей тәуелділігі ^{90}Sr үшін байқалады. ^{90}Sr Жк және Ca құрамы арасындағы түзету коэффициенті r = 0,31 ± 0,34 (t = 0,93), Mg – r = 0,64 ± 0,27 (t = 2,36), Sr – r = 0,39 ± 0,33 (t = 1,21) құрады. ^{137}Cs Жк Na және K тәуелділігі жоқ.

^{137}Cs және ^{90}Sr Жк Na, K, Ca, Mg, Cs және Sr жайылымдық топырақтардағы ауыспалы формасы құрамынан тәуелділігі кестелерде берілген. (10-сурет).



10-Сурет. ^{137}Cs және ^{90}Sr Жк жайылымдық топырақтардағы кейбір элементтердің ауыспалы формасы құрамынан тәуелділігі (түймешетен үшін)

^{90}Sr Жк үшін қарастырылған элементтердің ауыспалы формалары тәуелділігінің кестелерінде Mg және Sr жағдайындағы сулы суырынды бойынша нәтижелерге арналған сияқты үрдіс байқалады. ^{90}Sr Жк мен Mg құрамы арасындағы түзету коэффициенті r = 0,78 ± 0,22 (t = 3,50), Sr – r = 0,38 ± 0,33 (t = 1,15) құрады. Бұл кезде ^{137}Cs Жк үшін топырақтағы Cs тұрақты ауыспалының құрамынан кері тәуелділігі байқалады (r = -0,43 ± 0,32 (t = -1,34)).

2.5. Өсімдіктермен ^{137}Cs жинақталуының оның тұрақты изотопының топырақтағы құрамынан тәуелділігін зерттеу

^{137}Cs Жк оның ауыспалы тұрақты изотопының топырақтағы құрамынан тәуелділігінің деректері негізінде (10-сурет) табиғи жағдайларда заттай тәжірибе жүргізілді. №176 штольня су ағыны бойымен 50м×20м аспайтын аумақта өлшемі 1м×1м 20 зерттеу алаңы жасалды (11-сурет, а, б).

а б в

11-Сурет. № 17, 18, 19, 20 зерттеу алаңдары (а),
зерттеу алаңдарының орналасу сұлбасы (б), топырақ сынамаларын іріктеп алу (в)

2008 ж. мамыр аяғында әр алаң өсімдік түсулері мен табиғи шөптердің көктемгі өскінінің жер үсті бөлігінен тазартылған болатын. Барлық алаңдар тәжірибе (тұрақты цезийдің енгізілуімен) және бақылау алаңдарына бөлініп, оларды үстіртін суландыруы нақты рет-ретімен жүзеге асты 1) барлық 20 алаң 10 л таза сумен суарылды, 2) 10 тәжірибе алаңы – 0,3 г азотқышқылды цезий еріген ($CsNO_3$) 10 л сумен, ал бақылау алаңы – 10 л таза сумен, 3) барлық 20 алаң 10 л таза сумен суарылды. Өсіп-өну кезеңінің соңында (тамыз аяғында, тәжірибе жүргізілгеннен кейінгі 3 айдан соң) барлық алаңдар бұзып алынды. Әрқайсысынан өсімдіктердің басым түрлерінің жер үсті бөлігі (қияқ (*Leymus angustus*), қазтабан (*Potentilla bifurca*), тобылғы (*Spiraea hypericifolia*), бөдене (*Veronica spuria*), жусан (*Artemisia latifolia*), ойранасты (*Galium boreale*)) және конверт әдісімен 20 см құрайтын тамыр жететін қабат тереңдігінде топырақтың аралас сынамасы қатар іріктеп алынды (11-сурет, в). Ары қарайғы болжамды түрлендіруді зерттеу үшін бір жыл өткен соң барлық зерттеу алаңдарынан тізімделген өсімдіктердің басым түрлерінің жер үсті бөлігінің сынамалары қайтадан іріктеп алынды.

Топырақ пен өсімдіктердің барлық іріктеп алынған сынамаларындағы ^{137}Cs радионуклидінің құрамы анықталып, Жк есептелді. Кестеде жиірек кездесетін түрлері үшін ^{137}Cs Жк мәндері ұсынылған (7-кесте).

7-Кесте

^{137}Cs радионуклидінің зерттеліп жатқан өсімдіктермен жинақталу коэффициенттерінің (Жк) мәндері

Алаң №	^{137}Cs Жк											
	қияқ (*Leymus angustus*)				қазтабан (*Potentilla bifurca*)				тобылғы (*Spiraea hypericifolia*)			
	2008		2009		2008		2009		2008		2009	
	1*	2**	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
I	0,09	0,25	0,12	0,17	0,16	0,39	0,1	-	-	-	0,02	0,39
II	0,11	0,28	0,01	0,03	-	-	-	0,2	-	-	-	-
III	1,21	24,02	0,49	1,18	0,09	0,28	0,14	0,65	0,03	0,04	0,07	0,1
IV	0,32	0,05	0,05	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-
V	0,15	4	0,06	0,85	-	1,43	-	1,13	0,09	0,41	-	-
VI	0,13	0,64	0,16	0,41	0,05	0,08	0,03	0,1	0,12	0,02	-	-
VII	0,34	0,87	0,41	0,12	0,37	0,5	0,11	0,11	0,42	0,19	0,16	0,29

Алаң №	^{137}Cs Жк											
	қияқ (*Leymus angustus*)				қазтабан (*Potentilla bifurca*)				тобылғы (*Spiraea hypericifolia*)			
	2008		2009		2008		2009		2008		2009	
	1*	2**	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
VIII	0,83	1,8	0,76	1,56	0,4	0,26	0,24	0,33	-	-	0,09	-
IX	0,33	0,22	0,07	0,22	0,18	0,17	0,2	0,12	0,03	0,03	-	-
X	1,78	3,32	1,56	2,21	0,47	0,58	0,35	0,81	0,83	0,44	-	1,36
орташа	0,53	3,55	0,37	0,68	0,25	0,46	0,17	0,43	0,25	0,19	0,09	0,54
Ескерту: - алаңда өсімдіктің аталған түрі болған жоқ; * Cs енгізуінсіз; ** Cs енгізумен												

Тәжірибенің алғашқы нәтижелері ^{137}Cs радионуклидінің оның тұрақты изотопының топыраққа енуінен соң өсімдікке түсуінің болжамды төмендеуі туралы ұсынылған болжамды дәлелдеген жоқ. ^{137}Cs Жк мәндері өсіп-өну кезеңінің соңында енгізілген тұрақты Cs бар алаңдар үшін көп жағдайда өңделмегендерге арналғандағыға қарағанда жоғарырақ болып шықты, бұл, өз кезегінде, өсімдіктердің қоректік заттектерді қабылдау формасына да, сол сияқты олардың стресстік фактордың енгізілуіне бейімделу реакциясына да байланысты. Жк мәндерінің кейбір төмендеуі жыл өткен соң байқалды.

ҚОРЫТЫНДЫ

Өсімдіктердің жер үсті бөлігіндегі радионуклидтер құрамының динамикасы мен қайта таралу ерекшеліктерін зерттеу нәтижелері бойынша ^{137}Cs және ^{90}Sr негізгі шоғырлануы жапырақтарда, $^{239+240}$Pu – гүлшелерде байқалған. ^{90}Sr радионуклидінің өсімдіктегі гүлдену кезеңінде күрт ұлғаяды және барлық өсіп-өну кезеңі ағымында максималды жинақталуы күзгі айларға келеді.

Жайылымдық биогеоценоз жағдайында өсімдіктердің зерттеліп жатқан түрлерімен радионуклидтердің жинақталуы кең шектерде өзгереді. ^{90}Sr Жк мәндер аралығы бір реттікті құрайды, ^{137}Cs үшеуге жетеді. Және де ^{137}Cs үшін бұл айырмашылықтар ^{90}Sr үшінге қарағанда да анық көрінеді. ^{241}Am Жк бағалық мәндері орташа алғанда ондаған реттіктен аспайды, $^{239+240}$Pu Жк 0,0001-ден 0,01 дейінгі шектерде болады. Өсімдіктердің жер үсті бөлігіндегі ^{137}Cs және ^{90}Sr жинақталуының тұрақсыздығы 2 өсіп-өну кезеңінің ағымында байқалады.

^{137}Cs және ^{90}Sr жайылымдық өсімдіктері үшін Жк көбірек мәндері жеңілірек механикалық құрамы мен өсімдіктер үшін қолжетімді радионуклидтердің формаларының жоғары құрамы (су ерігіш және ауыспалы) бар топырақтарға тән. Топырақтағы Ca, Mg және Sr құрамының көп әсерінің ^{90}Sr Жк және ауыспалы Cs құрамының (түймешетен мысалында) ^{137}Cs кейбір кері тәуелділік Жк әсері бары байқалады.

Мақала авторлары Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының қызметкерлері А. В. Зимокосқа, А. В. Воробьевке, С. Ю. Карягинге, С. А. Келлерге экспедициялық жұмыстарды атқарғаны үшін, Ю. Ю. Яковенкоға, Е. А. Еременкоға, Н. А. Елизарьеваға картографиялық материалды құрғаны үшін, А. Р. Ивановаға, Ю. В. Шевченкоға, А. М. Қозкееваға, Л. А. Немытоваға өсімдік үлгілерінің сынамаларын

іріктеп алу үшін, Т. Н. Байсеркеноваға, Г. А. Бакироваға топырақтың физика-химиялық талдамасын орындағаны үшін, О. Ю. Коровинаға, Н. В. Брянцеваға, М. В. Сидороваға, Д. Е. Иминоваға, С. Е. Сальменбаевқа спектрометриялық және радиохимиялық талдамаларды ұйымдастырып, жүргізгендері үшін, сондай-ақ Ядролық физика институтының қызметкерлері А. П. Ковальге, П. В. Харкинге, А. А. Амировке, Д. А. Желтовқа элементтік талдама орындағандары үшін алғыстарын білдіреді.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. Ауыл шаруашылық радиоэкология / ВАСХНИЛ академигі Р.М.Алексахиннің ВАСХНИЛ академигі Н.А.Корнееваның ред. – М.: 1991.– 56-89 б.
2. *Куликов И.В.* Топырақ-өсімдік жамылғысының радиоэкологиясы/ И.В.Куликов, И.В.Молчанова, Е.Н.Караваева. - Свердловск: КСРО УрО Ан, 1990. – 61-76 б.
3. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Quantification of radionuclide transfer in terrestrial and freshwater environments for radiological assessments, IAEA -TECDOC-1616, IAEA, Vienna (2009)
4. *Анненков Б.Н.* Ауыл шаруашылық радиоэкология негіздері/ Б.Н.Анненков, Е.В.Юдинцева. – Мәскеу, 1991. – 56-83 б.
5. Далалық геоботаника – 1 т. – 1959. – 444 б.; 2 т. – 1960. – 500 б.; 3 т. – 1964. – 530 б.; 4 т. – 1972. – 336 б.; 5 т. – 1976. – 320 б. - М.: Ғылым.
6. Ластанған аумақтағы радиациялық жағдайды жер үсті зерттеу жөніндегі нұсқаулық және әдістемелік нұсқаулар: КСРО Мемлкомгидрометі жанындағы табиғат ортасының радиациялық бақылау жөніндегі ведомствоаралық комиссиямен бекітілген. – М., 1989.
7. Қазақстан Республикасы топырақтар мен өсімдіктерді зертханалық зерттеу жөніндегі әдістемелік нұсқаулардың жинағы /З.Д.Дүйсенбекованың ред.; Жер қорлары мен жерге орналастырудың мемлекеттік ғылыми-өндірістік орталығы. – Алматы, 1998. – 222 б.
8. Мемлстандарт 17.5.4.01–84. Су сіңіргіш және аршығыш жыныстар су сығындысының pH анықтау әдістемесі. Табиғатты қорғау. Топырақ құнарлылығын қалпына келтіру. – Кіріспе. 01.07.85. – М.: Стандарттар баспасы, 1985.
9. Агрохимия бойынша іс-тәжірибелік / В. Г.Минеевтің ред. – М. : МГУ, 2001. – 268 б.
10. ҚР ИМ 5.06.001.98 «Көлемді үлгілердегі радионуклидтер белсенділігі. 2143-91 ИМ гамма-спектрометрінде өлшеулер жүргізу әдістемесі». – 18 б.
11. «Прогресс» бағдарламалық қамсыздандыруы бар сцинтилляционды бета-спектрометрді пайдалана отырып радионуклидтер белсенділігін өлшеулер әдістемесі, Менделеево, – 20 б.
12. *Лысенко Н.* Ортаның радиоактивті ластану жағдайындағы мал шаруашылығын жүргізу /Н.Лысенко, А.Пастернак, Л.Рогожина. – СПб: Лань, 2005. – 35-36 б.

ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ РАСТЕНИЯМИ В РАЙОНЕ ШТОЛЬНЕВЫХ ВОДОТОКОВ ПЛОЩАДКИ «ДЕГЕЛЕН»

Н. В. Ларионова, С. Н. Лукашенко, А. М. Кабдыракова, А. Е. Кундузбаева, А. В. Паницкий, Ж. А. Байгазинов

В статье представлены обобщенные результаты исследования особенностей накопления техногенных радионуклидов растениями в районе штольневых водотоков площадки «Дегелен» (в условиях лугового биогеоценоза). Выявлен характер перераспределения (по органам) и динамики содержания радионуклидов в надземной части растений, в том числе от основных фаз вегетации. Установлены параметры накопления радионуклидов ^{137}Cs, ^{90}Sr, $^{239+240}$Pu и оценочно ^{241}Am из почвы в надземной части растений. Прослежена нестабильность накопления ^{137}Cs и ^{90}Sr растениями в течение 2-х вегетационных периодов. Дана оценка влияния некоторых физико-химических свойств почв, форм нахождения радионуклидов, их стабильных изотопов и макроэлементов на накопление радионуклидов растениями. Рассмотрена возможность снижения параметров накопления радионуклида ^{137}Cs в растениях путем внесения в почву стабильного Cs.

Ключевые слова: радиоэкология, радиоактивное загрязнение, радионуклиды, стабильные изотопы, формы нахождения радионуклидов, макроэлементы, почвы, физико-химические свойства почв, растения, фазы вегетации, коэффициенты накопления (Кн).

PECULIARITIES OF ARTIFICIAL RADIONUCLIDES ACCUMULATION IN PLANTS AT THE AREA OF TUNNEL WATERCOURSES OF "DEGELEN" SITE

N. V. Larionova, S. N. Lukashenko, A. M. Kabdyrakova, A. E. Kunduzbaeva, A. V. Panitsky, Zh. A. Baigazinov

The article presents the generalized results of studying the peculiarities of artificial radionuclides accumulation in plants at the area of tunnel watercourses of "Degelen" site (under meadow biogeocenosis conditions). There was revealed the nature of redistribution (by organs) and the dynamics of radionuclide content in aboveground parts of plants, including the main phases of vegetation. The accumulation parameters were determined for radionuclides ^{137}Cs, ^{90}Sr, $^{239+240}$Pu and estimated ^{241}Am transit from the soil into aboveground plant parts. We traced the instability of the accumulation of ^{137}Cs and ^{90}Sr by plants during the 2 growing seasons. The assessment has been made for the influence of some physico-chemical properties of soils, forms of radionuclides occurrence and their stable isotopes and macroelements on radionuclides accumulation by plants. There has been considered the possibility of reducing the accumulation parameters of ^{137}Cs in plants by inserting stable Cs in soil.

Key words: radioecology, radioactive contamination, radionuclides, stable isotopes, forms of radionuclides occurrence, macroelements, soils, physical and chemical properties of soil, plants, phase of vegetation, accumulation coefficients (Ac).

УДК 577.4:577.391:504.4.054:546.11.02.3

ӨСІМДІК ЖАМЫЛҒЫСЫНДАҒЫ ҚҰРАМЫ БОЙЫНША ТОПЫРАҚ АСТЫ СУЛАРЫНЫҢ ТРИТИЙМЕН ЛАСТАНУЫН БАҒАЛАУ ӘДІСІН ӘЗІРЛЕУ ЖӘНЕ ПАЙДАЛАНУ

Н. В. Ларионова, С. Н. Лукашенко, О. Н. Ляхова, С. Б. Субботин, А. О. Айдарханов

Бұл мақалада өсімдік жамылғысындағы құрамы бойынша топырақ асты суларының ^{3}H ластануын бағалау әдісін әзірлеу және қолданудың негізгі кезеңдері қарастырылды. Топырақасты суларындағы құрамының өсімдіктерде ^{3}H шоғырлануына тәуелділігі белгіленді. Өсімдіктердің жинақталу биоиндикациясы тұрғысынан қарағандағы жарамды дегендері анықталды. Дегелең таулы массивінен тыс жерлерге ^{3}H радионуклидімен ластанған топырақ асты суларының өсімдік жамылғысындағы құрамы бойынша (бұрынғы «Дегелең» сынақ алаңы) ластануын бағалау жұмыстары орындалды.

Түйін сөздер: радиоэкология, радиоактивті ластану, радионуклид, тритий, өсімдік жамылғысы, өсімдіктер, топырақасты сулары, биоиндикация.

КІРІСПЕ

Семей сынақ полигонының мәселелерінің бірі топырақасты суларының ^{3}H радионуклидімен ластануы болып табылады. Қазіргі уақытта Дегелең таулы массивінен (бұрынғы «Дегелең» сынақ алаңы) тыс жерлердегі топырақасты суларында ^{3}H шоғырлануы бір килограммға ондаған килобеккерелді құрайды, ал Шаған өз. жеке бір телімдерінде бір килограммға жүздеген килобеккерелге жетіп жығылады. Орын алған жайға ерекше мән соңғы айтылғандардың ортақ гидродинамикалық жүйеге қосылу қатері, егер ондай бола қалса бұл мәселе аймақтық сипатта белең алуы мүмкін.

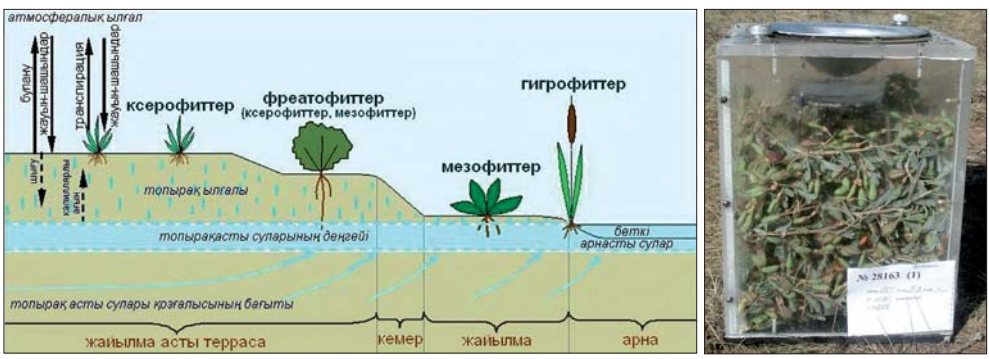
Аталған мәселенің басымдылығына байланысты топырақасты суларында ^{3}H құрамын қымбат тұратын бұрғылау тәсілінсіз бағалау әдісін әзірлеу қажеттілігі туындайды. Аталған жұмыс барысында топырақастындағы суларда ^{3}H құрамының көрсеткіші ретінде өсімдіктер пайдаланылған. Осындай әдіс, бұдан бұрын жерасты суларының минералдануын болжау үшін қолданылып келеді [1] және топырақ жүйесі тереңге кеткен белгілі бір өсімдік түрлерін іріктеп алуда қолданылатын топырақасты сулардың ылғал көзі ретінде пайдаланылды.

1. ЗЕРТТЕУ МАТЕРИАЛДАРЫ ЖӘНЕ ӘДІСТЕРІ

Зерттеулер Шаған өз. аумағында және Дегелең таулы массивінің аумағында жүргізілді.

Өсімдік жамылғысы геоботаникалық суреттеудің [2] жеке бір әдістері арқылы өсімдіктердің жеке түрлерінің бөлінісін белгілеу және өсімдіктердің түрлік құрамын анықтауда, зерттеліп жатқан түрлерді таңдау олардың ылғалға деген арақатынасын жіктемелеуге негізделген. Осылай, өсімдік жамылғысының дерегі негізінде гигрофиттерден суға ең жоғары талабы бар және сол себепті ағын суларға жақын қалың өскен құрақтар (*Phragmites australis*) зерттеу нысаны ретінде алынды. Топырақасты сулары-на жақын жатқан, біркелкі ылғалдануды жақсы көретін және телімдерде қаулап өсетін мезофиттерге қияқ (*Leymus angustus*), қымыздық (*Rumex confertus*) жатады, сонымен

қатар жайылымдық көптүрлілік үлгілері де жатады. Ылғалдың минималды булануына және күн сәулесінің шағылуына тәсілденіп алған, терең емес, бірақ тармақталған тамыр жүйесі бар даланың құрғақ өсімдіктері (ксерофиттер) арасынан жусан (*Artemisia terrae-albae*), тобылғы (*Spirea hypericifolia*) және жоңышқа (*Medicago falcata*) таңдап алынды. Өсімдіктердің ерекше топтары – фреатофиттер, топырақасты сулардың деңгейіне жететін тереңге кететін тамырлары бар және ағын сулардың бойында өсетін бойлау тереңдігі таяз алаңдардарға қатысты терек (*Populus nigra*), үйеңгі тал (*Salix triandra*), ши (*Achnaterum splendens*), жыңғыл (*Halimodendron halodendron*), мия (*Glycyrrhiza uralensis*) жатады (1,а-Сурет). Шөпті өсімдіктердің зерттеліп жатқан үлгілері бұталар мен талдардың жерүсті бөлігі – ағымдағы жылдың өскіні ретінде берілді.



а б

1-сурет. Зерттеу нысандары (а), өсімдіктерден азат судың бөлінуіне арналған қондырғы б)

^{3}H құрамы өсімдіктердің азат суында анықталды, ол конденсатты герметик ыдыстан тұратын арнайы қондырғы арқылы алынған өсімдіктердің сынамаларын жүктеуге арналған беткі салқындатқышпен жабдықталған және буланатын өсімдіктер шығарған ылғалды жинау үшін арналған ыдыстан тұрады (1, б-сурет).

Зерттеліп жатқан өсімдіктердегі ^{3}H құрамына салыстырмалы талдама жасау үшін кейбір зерттеу алаңдарындағы топырақасты суларында оның құрамын анықтау үшін кейбір зерттеу алаңдарында гидрогеологиялық ұңғымалар бұрғыланды, олардан топырақасты суларының сынамалары алынды [3].

^{3}H радионуклидінің тиесілі белсенділігінің өзгеруі TRI-CARB 2900 TR CC-спектрометрде сұйықсцинтиляционды спектрометрия әдісімен жасалған үлгілерде жүргізілді [4].

2. НӘТИЖЕЛЕР МЕН ОНЫ ТАЛҚЫЛАУ

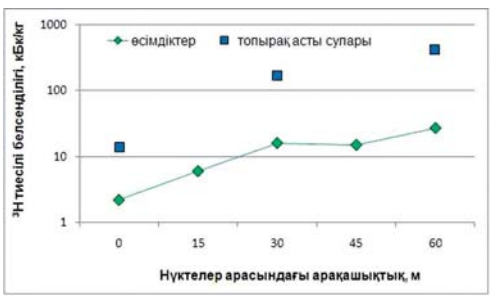
2.1. Аккумулятивті биоиндикация принципі бойынша өсімдіктердегі ^{3}H шоғырлануы дерегі негізінде, топырақасты суларында ^{3}H анықтау негізін әзірлеу

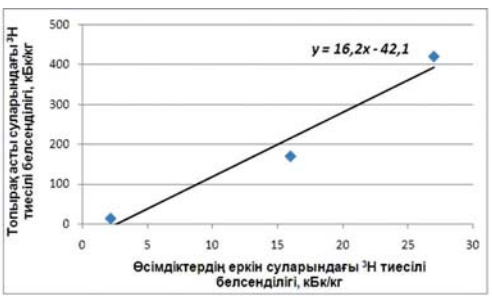
Өсімдіктерде ^{3}H құрамының өзара байланысын анықтау үшін болжанған телімдердің бірінде (ұзындығы ~60 м) топырақасты суларындағы ^{3}H ластануын анықтау үшін, Шаған өз. ^{3}H жоғары құрамы бар топырақасты суларының жүктемелену

аймағы, арнаасты суларындағы ^{3}H құрамы жайлы дерек бойынша, негізгі арнаға қатысты белгілі бір биіктікте орналасқан «ескі» арнаның аумағында ағын суға қатар, бұрғыланған ұңғымалардан алынған топырақасты сулары мен өсімдіктердің сынамаларын іріктеп алу үшін бес зерттеу алаңынан тұратын бейін салынды (2-сурет).

2-Сурет. Іріктеп алу нүктелерінің орналасу сұлбасы

Әрбір зерттеу алаңында зерттеліп жатқан өсімдіктің - қияқ (*Leymus angustus*) жерүсті бөлігінің сынамаларын алу бойынша жұмыстар жүргізілді. Қатар талдама жасау үшін бұрғыланған ұңғыманың топырақасты суларының сынамалары 3 нүктесінен талдама алынды. Өсімдіктердегі және топырақасты суларындағы ^{3}H тиесілі белсенділігінің нәтижелері төмендегі кестеде келтірілген (3, а, б-сурет).





а б

3-Сурет. Топырақасты суларындағы және өсімдіктердегі ^{3}H тиесілі белсенділігі (а), топырақасты суларындағы ^{3}H құрамы бойынша оның өсімдіктердегі құрамының өзара байланысы (б)

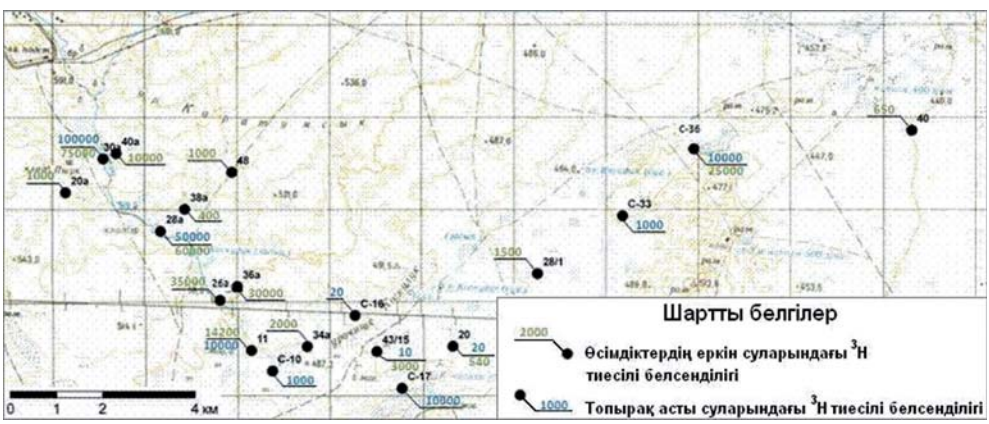
Өткізілген жұмыстардың нәтижесінде, зерттеліп жатқан телімде ^{3}H тиесілі белсенділігі мәнінің аралығы өсімдіктерде 1 есені құрайды, топырақасты суларда – 2 есені құрайды. Алайда, мәндердің осындай айырмашылығы болған жағдайда да өсімдіктерде ^{3}H шоғырлануының симбатты өзгерісі топырақасты суларда да оның шоғырлануы

байқалады. Осылайша, аталған жағдайда өсімдіктердегі ^{3}H құрамы белгілі бір дәрежеде топырақасты суларындағы ^{3}H құрамының қандай да бір көрсеткіші болып табылады.

2.2. Өсімдіктердегі ^{3}H шоғырлануының оның топырақасты сулардағы құрамына тәуелділігін анықтау

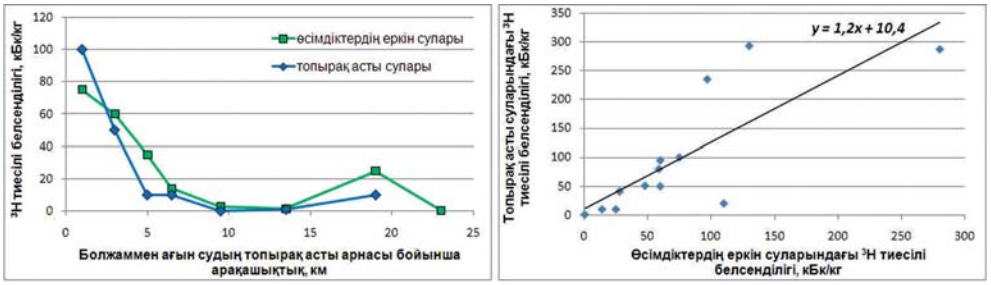
Өсімдіктердегі ^{3}H шоғырлануының топырақасты суларындағы құрамының тәуелділігін одан әрі ауқымдырық зерттеулер Байтілес бұл. жазығындағы Дегелең таулы массивінен тыс жерлерде жүргізілді. Негізгі арна бойымен зерттеу алаңдары салынды, өсімдік және бұрғыланған сынамалардан топырақасты сулардың (олар бар болған жағдайда) сынамалары іріктеп алынды. Өсімдіктердің негізгі зерттеу түрлері ретінде, топырақасты сулары терең емес деңгейде таралған алаңдарда қаулап өсетін фреатофиттер - ши (*Achnaterum splendens*) және жыңғыл (*Halimodendron halodendron*) таңдап алынды. Жеке бір телімдерде аталған түрлердің болмауы себепті қосымша деректердің жоқ болуы себепті, дала бұталары (тобылғы (*Spiraea hypericifolia*) және түйесіңір (*Atraphaxis frutescens*)) іріктеп алынды, жерүсті сулары шығатын телімде – далалық аралас шөптердің араласқан сынамалары алынды.

Өткізілген жұмыстардың нәтижелері бойынша, суретте көрсетілгендей (4-сурет), зерттеліп жатқан аумақтағы өсімдіктерде ^{3}H жоғарғы құрамы байқалады, жеке бір телімдерде ондаған кБк/кг-ге жетеді және ол көбіне жерасты суларындағы ^{3}H шоғырлануынан жоғары.



4-Сурет. Байтілес бұл. жазығындағы топырақасты суларда және өсімдіктерде ^{3}H алаңдық таралуының сұлбасы

Осымен қатар өсімдіктердің азат суларындағы ^{3}H тиесілі белсенділігінің жоғарылаған аймағында, жалпы алғанда, топырақасты сулардағы ^{3}H тиесілі белсенділігі жоғары аймақтармен сәйкес келеді. ^{3}H шоғырлануының максималды шоғырлануы Байтілес бұл. ағын сулары бойынша байқалады және Дегелең таулы массивінен алыстаған сайын біртіндеп төмендейді (5, а-сурет). Өсімдіктердегі ^{3}H шоғырлануының кейбір жоғарылауы т.36 байқалады, бұл топырақасты суларына қосымша түсетін көздермен байланысты және аталған аумақтың өсімдіктеріне де түсуіне және Байтілес бұл. жерасты сулары ағысының сипатына байланысты.



а б

5-Сурет. Дегелең таулы массивінен алыстаған сайын Байтілес бұл. арнасы бойымен топырақасты суларда және өсімдіктерде ^{3}H тиесілі белсенділігінің таралуы (а), өсімдіктердің еркін суларындағы ^{3}H құрамының оның топырақасты сулардағы құрамына тәуелділігі (б)

Байтілес бұл. аумағында жүргізіліп жатқан жұмыстарда келтірілген нәтижелердің негізінде, сонымен қатар Дегелең таулы массивінің аумағындағы (№177[5] штольняның аумағы) және одан тыс жерлердегі топырақасты сулардың және өсімдіктердің қатар алынған сынамаларын ортақтастыруда қосымша деректер алу барысында, топырақасты сулардағы құрамының өсімдіктердегі ^{3}H құрамына тәуелділігі анықталды (5, б-сурет).

2.3. Аккумулятивті биоиндикациясы тұрғысынан алып қарағандағы өсімдік түрлерінің көрсетілетін түрлерін таңдау

Топырақасты суларында ^{3}H құрамының жоғарылығы алдын ала белгілі телімдерде аккумулятивті биоиндикациясы тұрғысынан алып қарағандағы өсімдік түрлерінің көрсетілетін түрлерін таңдау мақсатында 15 зерттеу алаңдары салынды (Дегелең таулы массиві аумағындағы негізгі жылғалардың арнасы бойымен). Әрбір алаңда өсімдіктердің бірнеше түрінің ши (*Achnaterum splendens*), қияқ (*Leymus angustus*), тобылғы (*Spirea hypericifolia*), жыңғыл (*Halimodendron halodendron*), құрақ (*Phragmites australis*), терек (*Populus nigra*), мия (*Glycyrrhiza uralensis*), үйеңгі тал (*Salix triandra*), жусан (*Artemisia terrae-albae*), жоңышқа (*Medicago falcata*), қымыздық (*Rumex confertus*), қияқөлең (*Carex melanostachya*)) жерасты бөліктерінің сынамаларын қатар алу жұмыстары жүргізілді. Өсімдіктердің азат суында ^{3}H радионуклидінің тиесілі белсенділігі бойынша алынған деректер негізінде салыстырмалы талдама жасау үшін зерттеліп жатқан өсімдік түрлерінде ^{3}H құрамының арақатынасы есептелді, ол әрбір зерттеу алаңы үшін оның максималды шоғырлануына нормаланған (1-кесте).

1-Кесте

Зерттеліп жатқан өсімдік түрлерінің еркін судағы ^{3}H құрамының арақатынасы, әрбір зерттеу алаңына арналған максимумға нормаланған

Зерттеу алаңдары	Зерттеліп жатқан өсімдік түрлерінің еркін судағы ^{3}H құрамының арақатынасы											
	тобылғы	жоңышқа	қымыздық	жусан	киякөлең	қияқ	жыңғыл	мия	ши	құрақ	үйеңгі тал	терек
	*n=1	n=1	n=1	n=2	n=3	n=3	n=4	n=4	n=8	n=3	n=5	n=1
1	-	-	-	-	-	1,00	-	-	0,96	-	-	-
2	0,08	-	-	-	-	-	1,00	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	0,86	1,00	-	-
4	-	-	-	-	-	-	0,40	-	-	-	-	1,00
5	-	-	-	-	-	-	-	1,00	0,98	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	0,88	-	-	1,00	-
7	-	-	-	1,00	-	0,59	-	-	0,91	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	0,87	-	1,00	-	-	-
9	-	-	-	-	0,67	-	-	-	-	-	1,00	-
10	-	-	-	-	0,78	-	-	-	-	0,96	1,00	-
11	-	0,28	-	-	-	0,60	-	0,46	1,00	-	-	-
12	-	-	0,53	-	0,49	-	-	-	-	-	1,00	-
13	-	-	-	-	-	-	-	1,00	0,84	-	-	-
14	-	-	-	0,10	-	-	1,00	-	0,30	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,92	1,00	-
Орташа арақатынасы	0,08	0,28	0,53	0,55	0,65	0,73	0,82	0,84	0,86	0,96	1,00	1,00
- алаңда аталған өсімдік жүрі жоқ * – жағдайлар саны												

Орташа арақатынастың алынған шамасы белгілі бір түрде зерттеліп жатқан өсімдік түрлерін олардың ^{3}H радионуклидтерін жинақтау қабілеті бойынша бөлуіне мүмкіндік береді (6-сурет).

6-Сурет. Өсімдіктердің әр түрінде ^{3}H радионуклиді құрамының орташа арақатынасы

Суреттерде келтірілген деректерге сүйене отырып, барлық қарастырылған өсімдік түрлерін топырақасты суларының H^3 радионуклидімен ластану биоиндикациясы үшін жарамдылығы бойынша үш шартты топтарға біріктіруге болады: құрақ (*Phragmites australis*) (тікелей суда өсетін, гидрофит), терек (*Populus nigra*), үйеңгі тал (*Salix triandra*), ши (*Achnaterum splendens*), мия (*Glycyrrhiza uralensis*), жыңғыл (*Halimodendron halodendron*) (фреатофиты) – жарамдылары; қияқ *(Leymus angustus)*, қияқөлең (*Carex melanostachya*), қымыздық (*Rumex confertus*), жусан (*Artemisia terrae-albae*) (өсімдіктер, көбіне ылғалдылығы жоғары жерлерде өсетін) – шартты жарамды; тобылғы (*Spiraea hypericifolia*) және жоңышқа (*Medicago falcata*) – жарамсыз.

2.4. Топырақасты сулардың ^{3}H ластануын олардың өсімдік жамылғысындағы құрамы бойынша бағалау

Топырақасты сулардың ^{3}H ластануын бағалау үшін, оның Қарабұлақ, Ұзынбұлақ, Байтілес, Тоқтакүшік бұлақтарының және атаусыз бұлақтың (әрі қарай Безымянный бұл.) кеуіп қалған арналары бойындағы өсімдік жамылғысының құрамы бойынша – топырақасты сулардың болжаммен шығатын ^{3}H радионуклидімен ластанған телімдерінде, Дегелең таулы массивінен тыс – белгілі бір аралықта (орташа алғанда 500 м-ден 2 км-ге дейін), әрбірінің ұзындығына байланысты, өсімдіктердің белгілі бір түрлерін іріктеп ала отырып зерттеу алаңдары салынды.

Қарабұлақ, Ұзынбұлақ, Байтілес, Тоқтакүшік, Ақтыбай және Безымянный бұлақтарының арнасы бойымен іріктеп алынған өсімдіктердің азат суында ^{3}H радионуклидінің тиесілі белсенділігінің талдама нәтижелері төмендегі кестеде келтірілген (2-кесте).

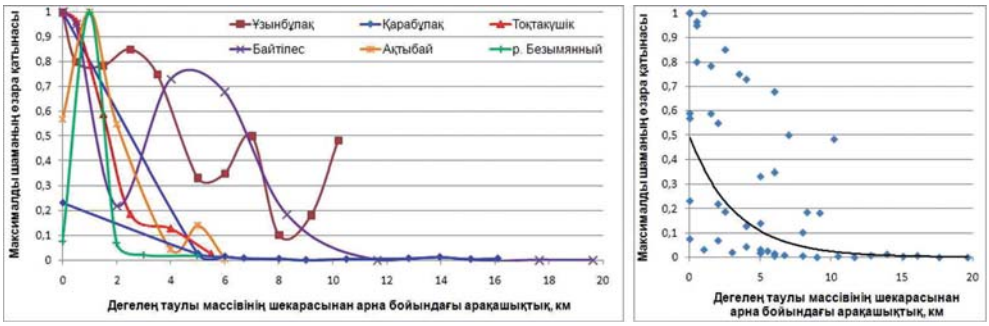
2-Кесте

Өсімдіктердің еркін суындағы ^{3}H құрамы

Бұлақтардың атауы	Өсімдіктердің еркін суындағы ^{3}H тиесілі белсенділіктің диапазоны, кБк/кг		Өсімдіктердің сынамаларының мөлшері	Арнаның қатысты ұзындығы (аймақтың соңғы ағысына дейін), км
	min	max		
Ұзынбұлақ	1,30 ± 0,13	60 ± 6	n = 24	10,2
Қарабұлақ	0,35 ± 0,03	60 ± 6	n = 25	16
Тоқтакүшік	2,30 ± 0,23	85 ± 8,5	n = 12	5,5
Байтілес	0,09 ± 0,01	60 ± 6	n = 14	19,65
Ақтыбай	0,40 ± 0,04	51 ± 5,1	n = 7	6
Безымянный	0,15 ±0,02	7,8 ± 0,8	n = 7	5

Тиесілі белсенділіктің мәнінің келтірілген аралығынан көрініп тұрғандай, өсімдіктердің азат суындағы ^{3}H құрамы барлық қарастырылған бұлақтарда орташа мәнде ондаған кБк/кг-ға жетеді. ^{3}H жоғары шоғырлануы Тоқтакүшік бұл. арнасында - 85 кБк/кг жеткен. Ұзынбұлақ бұл. мен Тоқтакүшік бұл. үшін минималды мәндер мыңнан аса Бк/кг мәнін құрайды, Қарабұлақ, Ақтыбай және Безымянный бұл. – жүзден аса Бк/кг-ны, Байтілес бұл. – 90 Бк/кг-ны құрайды.

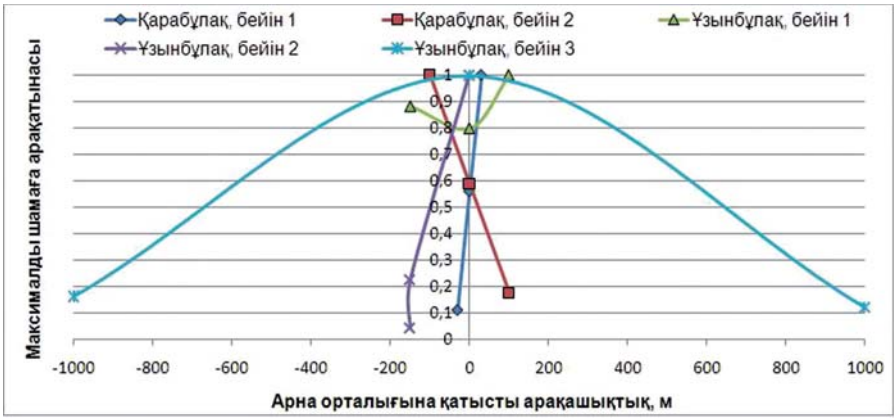
Төмендегі кестеде өсімдіктің азат суында ^{3}H шоғырлануының қарастырылып жатқан бұлақтардың арнасы бойымен Дегелең таулы массивінің шекарасынан алыстаған сайын, әрбір бұлақ үшін максимумға нормаланған таралу сипаты көрсетілген (7-сурет).



7-Сурет. Негізгі бұлақтардың арналары бойындағы өсімдіктердің азат суында ^{3}H таралуы

^{3}H аумақтық шоғырлануының жоғарғы мәні Дегелең таулы массивінің шекарасына сабақтастырылған және жалпы алғанда одан алыстаған сайын төмендейді. Ұзынбұлақ бұл. арнасындағы Дегелең таулы массивінің шекарасынан 9–10 км арақашықтықтағы ^{3}H жоғары түрдегі кейбір шоғырланулары және өсімдіктердің азат суындағы ^{3}H тиесілі белсенділігінің минималды мәні кестеде көрсетілгендей (2-кесте), аталған бұлақтың соңғы ағысының аймағындағы құрамы жоғары екендігін көрсетеді. Әрбір бұлаққа арналған қисықтың күрделі құрылымы зерттеліп жатқан аумақтың гидрологиялық ерекшеліктеріне байланысты, сонымен қатар жеке бір жағдайдағы әрбір өсімдіктің таңдауына қатысты, себебі ^{3}H жинақталуының ерекшелігі өсімдіктердің әрбір түрінде мәндердің жеткілікті кең аралығында өзгереді.

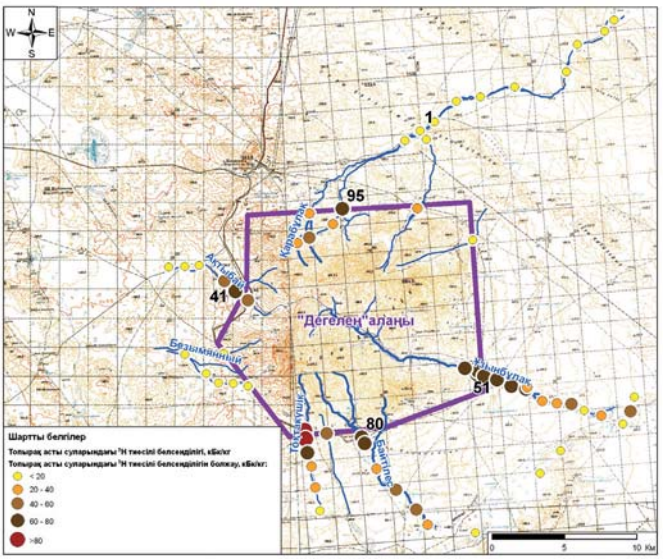
Төмендегі кестеде өсімдіктің азат суларындағы ^{3}H шоғырлануының таралуы Қарабұлақ және Ұзынбұлақ бұл. арналарына перпендикуляр салынған бейіндерде көрсетілген, әрбір бейін үшін максимум түрде нормаланған (8-сурет).



8-Сурет. Бұлақтардың арнасы бойында перпендикуляр орналасқан бейіндердегі, өсімдіктердің азат суында ^{3}H таралуы

Алынған қисықтардың біркелкі емес сипаты белгілі бір мәнде өсімдіктердің азат суларында ^{3}H шоғырлануының, аталған жағдайда арнаға қатысты перпендикуляр жағдайда таңдаудың әсері жайлы болжамды нақтылайды.

Келтірілген деректерді және жоғарыда берілген сызықтық байланысты ескере отырып, зерттеліп жатқан аумақтың топырақасты суларындағы ^{3}H радионуклидінің таралуы сипатына жанама бағалау жасалды (5, б -сурет). Төмендегі суретте топырақасты сулардың ^{3}H ластану сипатына өсімдіктердің азат суындағы оның құрамы бойынша және бұрғыланған ұңғымалардан іріктеп алынған топырақасты суларындағы ^{3}H тиесілі белсенділігінің тәжірибелік мәніне болжам жасалды (9-сурет).



9-Сурет. Топырақасты сулардың ^{3}H ластануына зерттелген аумақтағы өсімдіктердің азат суында оның таралуы бойынша деректер сипатына болжам жасау

Зерттеліп жатқан аумақтың өсімдіктеріндегі азат суда ^{3}H таралуының деректері бойынша топырақасты сулардың ^{3}H максималды ластануы Тоқтакүшік бұл. күтіліп отыр. Жалпы алғанда, топырақасты суларындағы ^{3}H тиесілі белсенділігінің болжанған шамасы тәжірибелік жолдармен алынғандарға қарама-қайшылық етпейді. Топырақасты суларындағы ^{3}H радионуклидінің құрамы ондаған кБк/кг-ға жетеді, осымен қатар аталған радионуклидтің сумен түсу барысындағы араласу деңгейі, РҚН-99 сәйкес, 7,7 кБк/кг-ны құрайды. Ұсынылған болжамды мөлшерлік тұрғыдан топырақасты сулардағы ^{3}H шоғырлануы барысында жан-жақты болып 20 кБк/кг-дан төмен деп есептейді.

ҚОРЫТЫНДЫ

Өткізілген зерттеулердің нәтижелері бойынша өсімдіктердегі ^{3}H шоғырлануының байланыстылығы және оның топырақасты суларындағы құрамы анықталды. Өсімдіктердің аккумулятивті биондикациясы тұрғысынан жарамдылығы анықталды: құрақ (*Phragmites australis*), гигрофит болып табылатын, және фреатофиттер – терек (*Populus nigra*), үйеңгі тал (*Salix triandra*), ши (*Achnaterum splendens*), мия (*Glycyrrhiza uralensis*) және жыңғыл (*Halimodendron halodendron*). Дегелең таулы массивінен тыс жерлерге шығатын топырақасты сулардағы ^{3}H ластануын, оның өсімдік жамылғысындағы құрамын бағалау жұмысы жүргізілді.

Жалпы алғанда, топырақасты сулардағы ^{3}H құрамының көрсеткіші ретінде өсімдіктерді пайдалану – экономикалық тиімді және техникалық жағынан орындалуы қарапайым әдіс, ол қолдану жағынан қауіптілігі ықтимал телімдердегі топырақасты сулардың ^{3}H ластануына болжамдық баға жасау үшін және ядролық-отын циклындағы кәсіпорындардың санитарлық-қорғау аймақтарын мониторингілеу үшін арналған.

Мақаланың авторлары Геофизикалық зерттеу институтының қызметкерлері Л.В.Бахтинге, А.В.Дроздовқа және басқаларына бұрғылау жұмыстарын ұйымдастыруға және өткізуге, Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының қызметкерлері В.А.Ульянкинге, В.Г.Сальниковке, А.С.Смирновқа экспедициялық жұмыстарды орындау барысында, Ю.Ю.Яковенкоға, Е.А.Еременкоға, Н.А.Елизарьеваға картографиялық материалдарды құруға, Л.Ф.Субботинаға өсімдік үлілерінің сынамаларын дайындауға, В.П.Зарембоға өсімдіктен азат суды бөліп алуға арналған арнайы қондырғыны жасауға көмек көрсеткені үшін өз алғыстарын жолдайды.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. *Шавырина А.В.* Фреатофиттер –өсімдіктерде хлордың құрамы бойынша жерасты сулардың минералдану болжамының мүмкіндігі туралы / А.В. Шавырина // Кеңестік геология. – 1961. – № 3. – Б. 111-113.
2. Далалық геоботаника. – М.: Ғылым. – Т. 1. – 1959. – 444 б.; т. 2. – 1960. – 500 б.; т. 3. – 1964. – 530 б.; т.4. – 1972. – 336 б.; т.5. – 1976. – 320 б.
3. СТ ҚР МемСТ 51592-2003 «Су. Сынамаларды іріктеп алуға жасалған жалпы талаптар».
4. ISO 9698-1989 /E/ «Судың сапасы – аталған шоғырлануға сәйкес, тритийдің белсенділігін анықтау – сцинтилляционды есептің сұйықтық әдісі».
5. «Қазақстан Республикасындағы атом энергетикасын дамыту» 0346 шарасы шеңберінде орындалған 2009 жылға арналған, ҚР ҰЯО Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының ғылыми-техникалық қызметі жайлы есеп: ҚР ҰЯО РҚЭИ/ҒТБ жылдық есебі; жетекш. Лукашенко С.Н. – Курчатов, 2009. – 82 б.

РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ОЦЕНКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТРИТИЕМ ГРУНТОВЫХ ВОД ПО ЕГО СОДЕРЖАНИЮ В РАСТИТЕЛЬНОМ ПОКРОВЕ

Н. В. Ларионова, С. Н. Лукашенко, О. Н. Ляхова, С. Б. Субботин, А. О. Айдарханов

В статье рассмотрены основные этапы разработки и применения метода оценки загрязнения ^{3}H грунтовых вод по его содержанию в растительном покрове. Выявлена зависимость концентрации ^{3}H в растениях от его содержания в грунтовых водах. Определены наиболее пригодные, с точки зрения аккумулятивной биоиндикации, растения. Выполнена оценка загрязнения ^{3}H грунтовых вод, выходящих за пределы горного массива Дегелен (бывшей испытательной площадки «Дегелен»), по его содержанию в растительном покрове.

Ключевые слова: радиоэкология, радиоактивное загрязнение, радионуклид, тритий, растительный покров, растения, грунтовые воды, биоиндикация.

DEVELOPMENT AND APPLICATION OF THE METHOD FOR ASSESSMENT OF CONTAMINATION WITH TRITIUM IN GROUNDWATER BY ITS CONTENT IN VEGETATION

N. V. Larionova, O. N. Lyakhova, A. O. Aidarkhanov, S. B. Subbotin, S. N. Lukashenko

The article describes the main stages of development and application of a method for assessing the groundwater contamination with ^{3}H by its content in vegetation cover. There has been revealed the dependence of ^{3}H concentration in the plants on its content in groundwater. The most suitable, in terms of accumulative bioindication, plants have been identified. There was assessed the ^{3}H contamination of groundwater that flow beyond the Degelen mountain group by its content in the vegetation cover.

Key words: radioecology, radioactive contamination, radionuclide, tritium, vegetation, plants, groundwater, bioindication.

УДК 504.4.054:577.4: 546.11.02.3

«ДЕГЕЛЕҢ» ТАУЛЫ МАССИВІ ШЕГІНДЕГІ АУА БАССЕЙНІНІҢ ТРИТИЙМЕН ЛАСТАНУЫН ҚАЛЫПТАСТЫРУ МЕХАНИЗМДЕРІ

О. Н. Ляхова, С. Н. Лукашенко, Н. В. Ларионова

Тритиймен ластану мәселесі табиғи орталардың радиоактивті ластануында ерекше орын алады. Аталған жұмыста «Дегелең» алаңында орналасқан су шыққан № 176 және № 177 штольнялар үлгісіндегі экожүйенің атмосфералық ауасында тритийдің таралу деңгейіне және сипатына бағалау жүргізілген. Тритиймен ластанған жербеткі су ағынына қатысты тритийдің атмосферада таралуының жалпы сипаттамасы келтірілген. Зерттелетін экожүйенің атмосфералық ауасында тритий таралуының негізгі механизмдері, нақтырақ, тритийдің келесі экожүйелердегі таралу сипаттамасы: су - атмосфера, штольнялық жел – атмосфера, топырақ ылғалы – атмосфера, өсімдік – атмосфера зерттелген. Тритийдің судағы шоғырлануы бойынша тритийдің атмосферадағы шоғырлануына талдамалық есеп жүргізілді. Болжамдық бағалау жүргізу үшін түсу көзінің біріндегі – су, штольнялық ауа, топырақ ылғалы, өсімдіктегі – тритий шоғырлануынан тритийдің ауадағы шоғырлануының бағыныштылығы тәжірибелік жолмен алынды. «Дегелең» алаңы аумағындағы ауа ортасында тритий таралуының жалпы сипаттамасы келтірілген.

Түйін сөздер: Дегелең алаңы, тритий, атмосфералық ауа, тритиймен ластану, тритий таралуының сипаттамасы.

КІРІСПЕ

Семей сынақ полигонында (ССП) орналасқан «Дегелең» алаңы аумағының тритиймен ластануының өзіндік сипатын, тритийдің құрамы жүздеген және мыңдаған есе нормалық деңгейлерден асатын жербеткі және жерасты су ағындарының болуын назарға ала отырып, тритийдің қоршаған орта нысандарындағы таралу деңгейі мен сипатын зерттеу айырықша тәсілді талап етеді. Аталған мәселені қарастыру кезінде атмосфераның тритийлік ластануының қалыптасуы маңызды рөл ойнайды.

Табиғаттағы тритий. Табиғатта тритий 1м^2 жер бетінің есептеп, секундына 1200 атом жылдамдығы бар ғарыштық сәулеленуінің қатысуымен атмосфераның жоғарғы қабатында пайда болады. Ғарыштық сәулелену әсерінен болған ядролық реакциялар атмосферадағы тритийдің синтез көзі болып табылады: жылдам ғарыштық нейтрондар азотты екі фрагментке бөлшектейді – ^{12}C және тритий [1]:

$$^{14}N+n\rightarrow{}^{12}C+T \qquad (1)$$

Осылайша пайда болған тритий атомдары қышқылдану және изотоптық ауысу рекациялары нәтижесінде судың молекуласына өтеді, сосын жаңбыр суының құрамындағы тритий Жердің бетіне түседі. Қазіргі бағалаулар бойынша, ғарыштық тритийдің сыртқы ортадағы (гидросферада және атмосферада) тепе-теңдік белсенділігі $(1,11–1,30)\cdot10^9$ ГБк (3,0–3,5 кг) құрайды. Табиғи тритийдің шамамен 90 % гидросферада (басты қалыпта НТО түрінде), 10% стратосферада және 0,1 % тропосферада [2] бар. Мыңдаған жылдар ағымында табиғаттағы тритийдің құрамы тұрақты дерлік болды –атмосферадағы оның үзіліссіз пайда болуы табиғи ыдыраумен толтырылып отырды.

Тритийдің судағы аялық құрамы H:T = $1:10^{18}$. Тритий атомдарының мұндай құрамының арнайы атауы бар – «тритийлік бірлік» (ТБ). 1 л суда орташа алғанда $1,1\cdot10^{-1}$ Бк тритий, 1 л ауада – $5,7\cdot10^{-4}$ Бк бар [3].

Жасанды тритий. 1945 ж. (ядролық қару сынақтарының басталуы) бастап жағдай күрт өзгерді және жаңбыр суындағы тритийдің құрамы мыңдаған есе ұлғайды. Қуаты 1 мегатонна (Мт) сутегі бомбасының жарылуы 0,7-ден 2 кг дейінгі тритийдің бөлінуіне әкеледі. Ауа жарылыстарының жалпы қуаты 1945–1962 жылдар үшін 406 Мт, ал жер үстілердің – 104 Мт құрады. Бұл кезде сынақтар нәтижесінде биосфераға түскен тритийдің жалпы саны жүздеген килограммды құрады.

Сонымен, жасанды тритийдің пайда болуына, негізінен, ядролық қару сынақтарына және ядролық отындық циклға байланысты қызмет себепші болды.

Жарылыстарды жүргізген кезде синтез реакциясы ~$7*10^{14}$ Бк/кт, бөлу реакциясы ~$4*10^{10}$ Бк/кт береді. Жерасты жарылыстары бұл сандарды құзды жыныстарда бар бор мен литийдағы ядролық реакциялар есебінен ұлғайтады [3, 4]:

$$^{10}B_5 + n \rightarrow 2^4He_2 + T \quad (2)$$

$$^{6}_{3}Li + n \rightarrow ^{4}_{2}He + T \quad (3)$$

Жарылыстар жүргізілген кезде пайда болған жасанды тритий үш негізгі қосылыстар – тритийленген су (НТО), тритийленген сутегі (НТ) және тритийленген метан формасында болуы мүмкін. Тритий барлық табиғи ортада – атмосфералық ауада, суда, топырақта, өсімдікте болуы мүмкін.

«Дегелең» алаңы. Дегелең таулы массиві аумағында жүргізілген сынақтар кезеңінде тау өнімдерінде – штольняларда 209 жерасты ядролық жарылыстар 180 штольняда жүргізілді, оның нәтижесінде тритийдің көптеген мөлшерінің пайда болуы жүзеге асты. Штольняларда сыналған ядролық жарылыстардың қуаты 0,001–ден 125 кТ дейін құрады. Бұрын жүргізілген зерттеулердің деректері бойынша Дегелең таулы массивінің жербеткі және жерасты суларындағы тритийдің шоғырлану мәндері шамамен $n*10^5$ Бк/кг құрайды [5]. Алынған мәндер табиғаттағы табиғи құрамына байланысты тритийдің жербеткі сулардағы мәндерінен көп асады.

Геологиялық тұрғысынан қарағанда Дегелең таулы массиві ірі граниттік батолит ретінде берілген – мұндағы граниттік жыныстар 75-80% тарағандықтан, «Дегелең» алаңы аумағы штольня қуыстарындағы тритийдің пайда болуының бір жолы – жерасты жарылыстары жүргізілген кезде орын алған, жоғарыда аталған (2,3) реакциялар болуы мүмкін. Граниттердің құрамына кіретін негізгі элементтер -Sn, W, Mo, Li, Be, B, Rb, Bi, Ta, Au, құзды гранитті жыныстардағы Li құрамы 1-ден 30 мг/кг дейін құбылады, В – 0,001 мг/кг реттегі азырақ сан [6, 7]. Литий мен бордағы реакциялар бойынша іріктеп алынған тритий, Дегелең таулы массиві аумағында пайда болған тритийдің жалпы санына сөзсіз үлес қосты, бірақ бұл үлесті бағалау өте күрделі. Штольнялық жылғалардағы тритий шоғырлануының белгілі бір уақыттағы көлеммен іс жүзінде тұрақты болып қалатынынан штольняның қазандық қуысы ішіндегі жүргізілген жарылыстар кезінде өндірілген ішкі қабырғаның балқыған бетінің кристаллдық құрылымынан жасалған тритийдің (Т) біртіндеп шайылу процесі жүреді деген болжам айтуға болады.

Сол сияқты жүргізілген ядролық жарылыстар кезінде штольняның қазандық қуысы ішінде тритийленген сутегі (НТ) түріндегі газ тәрізді тритийдің де пайда болуы жүзеге асуы мүмкін. Атмосфераға түскен газ тәрізді тритий НТО немесе T_2O қарағанда

аз уытты және аз қозғалады, және жеткілікті қысқа уақыт кезеңінде су буларының су молекулаларындағы тұрақты сутегін белсенді түрде ауыстыра отырып, тритий тотығына (НТО) ауысады [8].

Штольняның қуысы ішінде пайда болған тритий, тритийленген су (НТО) түрінде күндізгі жер бетіне шығатын атмосфералық жауын-шашынмен және топырақ сулары-мен шайылады.

Жеткілікті қысқа уақыт кезеңінен соң қандай да бір жолмен пайда болған барлық тритий тритий тотығына (НТО) немесе жалпақ тілмен айтқанда тритийленген суға ауысады. Яғни, тритийдің таралу деңгейі мен сипатын зерттеуді қоршаған орта нысандарында – суда, ауада, өсімдікте және т.б. – осы нысандардың құрамында бар тритийленген суы бар тритийді зерттеу арқылы жүргізген дұрыс.

Қоршаған ортадағы тритийдің жоғары ұтқырлығы және «Дегелең» алаңының су нысандарындағы тритийдің құрамы бойынша деректер Дегелең таулы массиві ауа ортасының тритиймен ластану деңгейін, содай-ақ оның қалыптасу механизмдерін зерттеу бойынша егжей-тегжейлі зерттеулер жүргізуге негіздеме болды.

1. ЗЕРТТЕУ НЫСАНДАРЫ МЕН ӘДІСТЕРІ

Зерттеудің негізгі мақсаты – атмосфералық ауадағы тритий таралуының деңгейі мен сипатына, сондай-ақ Дегелең таулы массиві шегіндегі тритиймен ластанудың қалыптасу механизмдеріне бағалау жүргізу.

«Дегелең» алаңындағы жарылыстар жүргізілуінің ерекшеліктерін ескере отырып, зерттеу нысандары ретінде аталған аумақтағы атмосфераның тритиймен ластануының қалыптасуына тікелей әсер етуі мүмкін тритий құрамы барлары таңдап алынды. Бұлар – су, өсімдік, топырақтық ылғал және штольнялық ауа.

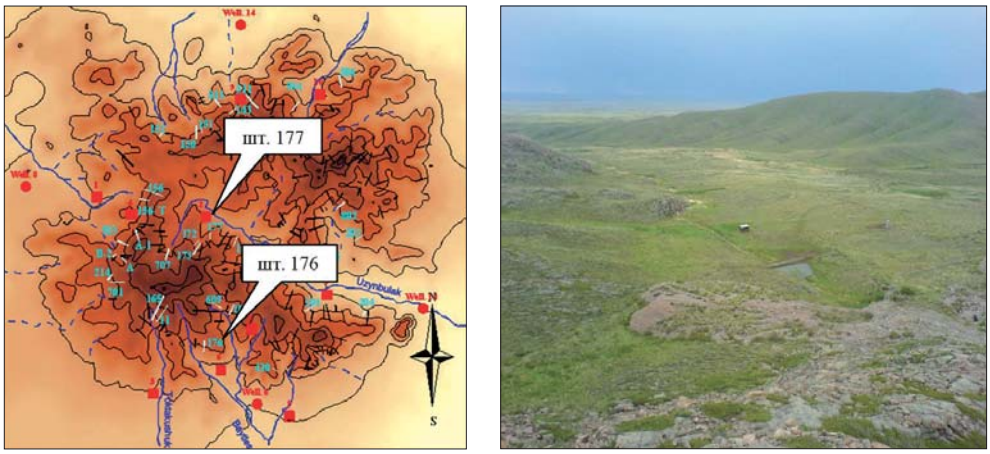
1.1. Зерттеу нысандарының қысқаша сипаттамасы

Жан-жақты зерттеулер Байтілес бұлағы ағынында және Ұзынбұлақ бұлағы ағынында орналасқан № 176 және № 177 штольнялардың су ағынының экожүйесі мысалында жүргізілді. Зерттеудің таңдап алынған телімдерінің негізгі сипаттамасы – штольня порталы жанында жер бетіне шығатын ашық су ағыны түріндегі су шыққан штольнялардың бар болуы. Арнаның ұзындығы шамамен 400–600 м құрайды, порталдан алыстаған сайын біртіндеп құрғайды. Арна бойымен 700–750 м арақашықтықта тұрақты су ағыны жоқ. Су ағындарының жылдық орташа мөлшері 500 л/мин көп құрайды. Субендік және солтүстік бағытардың омырылуы 60 л/мин жететін жер-асты суларының штольняға ағуына себепші болады. Гидрологиялық тұрғыда Дегелең массиві қосарланған сызаттар жүйесі бойымен аға отырып сызатты суларға ауысатын атмосфералық жауын-шашын транзитінің аймағы ретінде берілген.

Тритийдің судағы жылдық орташа тиесілі белсенділігі № 176 және № 177 штольняда тиісінше, 350 кБк/кг және 550 кБк/кг құрайды [9]. Екі жағдайда да арна ені 1 м аспайды. 176 шт. су ағыны арнасы өзендегі бөгетті құрау салдарынан пайда болған бөгеулердің болуымен, оң жақтағы өсімдік жамылғысының молдығымен және ағыс ағуы бойынша сол жақтағы құзды жыныстардың шығып тұруымен сипатталады. № 177 шт. су ағынының арнасы штольнялық өзеннің жер бетіне шығу орнындағы технологиялық ернеудің болуымен, арнаның басында оң және сол жағынан өсімдік

жамылғысының молдығымен, ары қарай төмен өзен бойымен өсімдіктің тапшылығы, оң жағында құзды жыныстардың шығып тұруымен сипатталады. Жақын жатқан су шыққан штольнялар жоқ.

Суретте көрсетілген зерттеулер жүргізілген штольнялардың тұрған орны (1-сурет, а), сондай-ақ зерттеу телімдерінің жалпы көрінісі (1-сурет, б) берілген.



а б

1-Сурет. Дегелең таулы массиві аумағындағы зерттеу телімдерінің тұрған орны (а), зерттеу телімінің жалпы көрінісі (б).

1.2. Сынамаларды іріктеп алу және дайындау

Ауаның су булары сынамаларын іріктеп алу

Атмосфералық ауадағы тритийдің шоғырлануының деңгейін зерттеу су буларының сынамаларын криогенді мұздату әдісі мен сұйық сцинтилляционды және бета-спектрометриялық талдамасын жүргізу арқылы сынамаларды іріктеп алу арқылы жүргізілді.

Криогенді мұздату әдісі негізінде ауа құрамында бар су буларының сұйық азотпен мұздатылатын радиатор пластинінің бетінде шықтың төменгі нүктесінің температурасына дейін булану қасиеті жатыр. Радиатор пластиналарының температурасы 0°С аса төмен болғандықтан, су буларының пластиннің бетіне тиюі кристалдануымен аяқталады.

Криогенді құрылғының құрамына сұйық азотпен толтырылған Дьюар ыдысы кіреді, суықпен қамтамасыз ету жүйесі – сұйық азотпен үнемі байланысып тұратын суық берушіге қосылған радиатор, Дьюар ыдысына сұйық азотты қосымша толтырып отыру жүйесі. Сұйық азотты қосымша толтырып отыру жүйесі Дьюар ыдысына криогенді сұйықтықты оның үнемі қайнауы нәтижесінде беру үшін арналған. Толтыру ыдыстың кіретін тесігіне қойылған толтыру құйғышы арқылы жүзеге асады. Ауаның су булары сынамасын іріктеп алуға арналған құрылғының жалпы түрі суретте берілген (2-сурет, а).

а б

2-Сурет. Ауа мен өсімдіктің бос суының сынамаларын іріктеп алуға арналған құрылғы түрі

Атмосфералық ауаның су булары сынамаларын іріктеп алу ашық тәсілмен жүргізілді. Зерттеудің таңдап алынған телімінде криогенді құрылғы орнатылып, мұздату жер бетінен 50 см биіктікте жүзеге асты.

Топырақ және штольня ауасының су булары сынамасын іріктеп алу іріктеп алынатын сынамаға атмосфералық ауа түсуін оқшаулауға мүмкіндік беретін ыдыстың көмегімен жасалды. Осындай мақсатта криогенді құрылғы көлемі 100 л цилиндр формалы оқшаулайтын ыдыспен жабылды. Атмосферадан оқшаулау үшін ыдыстың шеттері топыраққа тереңірек кіріліп, сосын үстінен жақсылап жабылды. Қуаты 2 л/мин вакуумдық сорғы көмегімен ыдыстың ішінде сұйық манометрдің көмегімен бақыланатын 25-30 Па реттік ыдырау пайда болды.

Штольнялық ауаның су булары сынамасын іріктеп алуды жүзеге асыру үшін оқшаулайтын ыдысы бар криогенді құрылғы портал топырағының үстіне штольня қазан-шұңқырлық қуысының орталық өзегі деңгейіне бағытталып тұратындай қылып орнатылды.

Осындай жұмыстарды жүргізудің іс-тәжірибелік тәжірибесін ескере отырып, су булары сынамасының зертханалық талдамалар жүргізу үшін жеткілікті (5 мл-дей) көлемін қамтамасыз ету үшін (атмосфералық, топырақасты және штольня ауасы) бір сынаманы іріктеп алудың орташа уақыты шамамен 1,5-2 сағатты құрады.

Ауа сынамасын іріктеп алуды жүргізу уақыты кезінде келесі параметрлерді – электронды гигрометр көмегімен өлшенген қоршаған ауа температурасын және ауаның салыстырмалы ылғалдығын міндетті тіркеу жүргізілді [10].

Аталған параметрлер мәндері тритийдің үлгідегі тиесілі белсенділігін (Бк/кг) көлемді белсенділікке (Бк/м^3) ары қарай қайта есептеу үшін пайдаланылды

Өсімдіктер сынамасын іріктеп алу

Зерттеліп жатқан өсімдіктерді таңдау өсімдік жамылғысын өсімдіктің негізгі типтерін бөлуі, жобалық жамылғының анықталуы және өсімдіктің түрлік құрамы [11] бар геоботаникалық суреттеме әдісімен зерттеу негізінде жүргізілді және олардың

ылғалға қатысты жіктелуіне негізделді. Негізгі зерттеліп жатқан өсімдіктер - қияқ (Leymus angustus) және сынамалары жердің үстіңгі қабатымен берілген жайылымдық аралас шөптің аралас үлгілері. Жекелеген жағдайларда өсімдік жамылғысын суреттеумен бірге бір уақытта әрқайсысы 1м^2 3 алаңда шауып алу әдісімен өсімдік жамылғысының өнімділігін анықтау жүзеге асты. Бұл кезде шөптесін өсімдіктер 1-3 см биіктікте шауып алынды, ірі шөптер – 4–6 см, жартылай бұталыларда ағымдағы жылдың өскіні кесіліп алынды немесе сындырылды. Өнімділікті анықтау үшін кесіліп алынған өсімдіктер құрғақ салмақта ауадай-құрғақ күйге дейін кептірілу үшін қойылды және өлшенді.

Тритийдің құрамы арнайы құрылғы көмегімен конденсаттан алынған өсімдіктің бос суында анықталды, бұл құрылғы өсімдік сынамаларын салуға арналған герметикалық ыдыс ретінде берілген, мұздататын бетімен және өсімдіктен буланған ылғалды жинауға арналған ыдыспен қамтамасыз етілген (2-сурет, б).

Сұйық сцинтилляционды талдама әдісімен тритийді анықтау

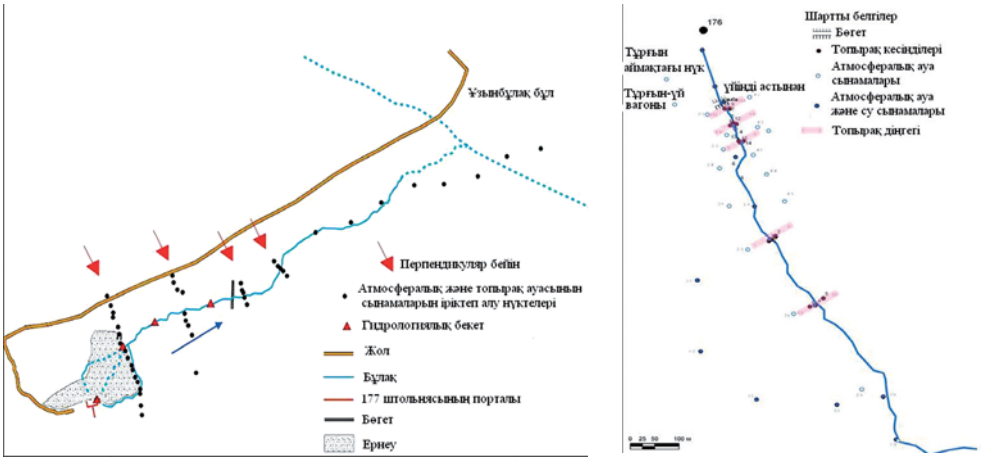
Тритийдің тиесілі белсенділігін өлшеу үшін үлгілерді дайындау аттестатталған әдістемеге сәйкес жүргізілді [12]. Механикалық қоспаларды алып тастау үшін сынамаларды сүзгіледі, сосын көлемі 5 мл үлгі іріктеп алынып, 5:15 пропорцияда (үлгі- сцинтиллятор қатынасы) сцинтилляционды коктейль қосылып, стандартты геометрияға салынды (көлемі 20 мл пластик виала). Ұсынылған сынамалардың талдамасы үшін табиғи үлгілеріндегі тритийді өлшеу үшін арнайы әзірленген (тритий үшін тіркеу тиімділігі шамамен 45–50 % 0–18КэВ аралығында) Ultima Gold LLT сцинтилляционды коктейль пайдаланылды. Тритийдің көлемді тиесілі белсенділігін анықтау үшін іріктеп алынған сынамаларда TriCarb 2900 TR сұйық сцинтилляционды спектрометр пайдаланылды. Тритийді анықтау үшін энергия облысы 0-ден 15 кэВ дейінгі аралықта берілді. Әр үлгіні өлшеу уақыты шамамен 120 минутты құрады.

2. НӘТИЖЕЛЕР ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ТАЛҚЫЛАУ

2.1. Дегелең таулы массивінің штольнялары орналасқан аудандағы атмосфералық ауада тритийдің таралу деңгейі мен сипатына бағалау жүргізу

Зерттеліп жатқан аумақ штольня жылғаларындағы тритийдің шоғырлану деңгейін ескере отыра, тек штольнялық жылға тритийдің атмосфералық ауаға түсуінің негізгі көзі болып табылады. Штольнялық жылға орналасқан жерлердің ауа ортасындағы тритийдің шоғырлануын зерттеу екі бағыт – арна бойымен және арнаға перпендикуляр орналасқан, барған сайын одан алыстайтын бейіндер бойымен – бойынша жүргізілді.

Ауаның су булары сынамаларын іріктеп алуды жүргізу үшін су жиегінен 50 см көп емес арақашықтықта, штольнялық жылға арнасы бойымен жағалау аймағында орналасқан нүктелер таңдап алынды. Сондай-ақ жылғаның негізгі арнасына перпендикуляр орналасқан нүктелер (перпендикуляр бейіндер). Зерттеу нүктелерінің орналасуы суретте ұсынылған (3-сурет).



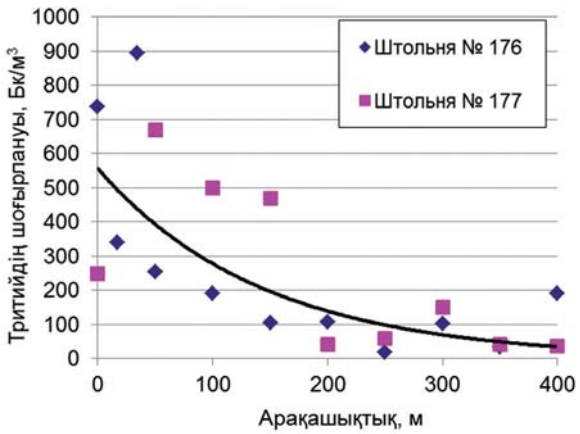
а б

3-Сурет. № 177 (а) және № 176 (б) штольняларындағы зерттеу нүктелерінің орналасу сұлбасы

Жылғаның арнасы бойымен орналасқан нүктелер арасындағы арақашықтық шамамен 50 м құрады. Перпендикуляр бейіндер арасындағы арақашықтық 50–100 м, перпендикуляр бейіндердегі зерттеу нүктелері арасындағысы – жылғадан оң және сол жаққа тең 5–15 м құрады.

2.1.1. Жербеткі су ағыны арнасы бойымен атмосфералық ауадағы тритийдің таралу сипатын зерттеу

Су ағыны арнасы бойымен зерттеу жүргізу үшін жылғаның күндізгі жер бетіне шығар орнынан бастап жылға арнасына максималды жақын нүктелерде атмосфералық ауа сынамаларын іріктеп алу жүзеге асты. Жылға бойымен бейіннің ұзындығы шамамен 400 м құрайды. Нәтижелер суретте ұсынылған (4-сурет).



4-Сурет. Атмосфералық ауадағы ^{3}H шоғырлануының жербеткі су ағыны арнасы бойымен өзгеруі

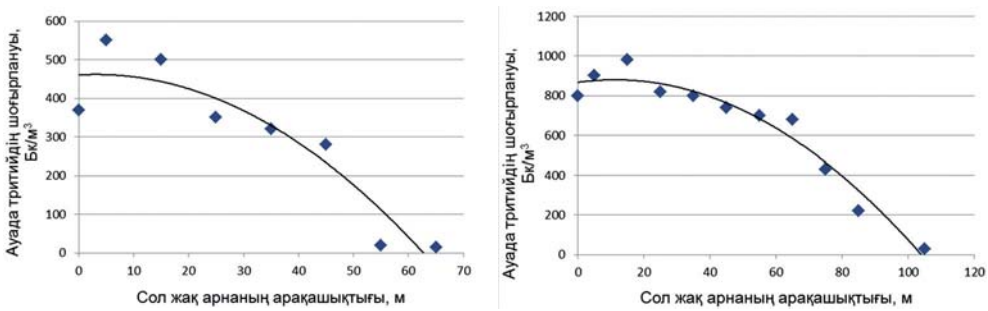
Алынған деректер талдамасы екі штольнядағы тритийдің жербеткі су ағыны арнасы бойымен атмосфералық ауадағы таралуы ұқсас сипатты екендігін көрсетті.

Штольнялық жылғалардың жер бетіне шығар орындарында тіркелген екі зерттеу телімдеріндегі максималды мәндер 1400 Бк/м^3 және 700 Бк/м^3 тиісінше, 176 және 177 штольнялар орналасқан аудандарда құрады. Өзеннің созылуына қарай тритийдің ауа ортасында шоғырлану мәндері көп төмендейді және зерттеудің бастапқы нүктесінен 400 м қашықтықта 177 штольня ауданында 50 Бк/м^3 және 100 Бк/м^3 –176 штольня ауданында құрады.

Алынған көрініс тритийдің штольнялық су ағыны бойымен ауада таралуының жалпы сипатын көрсетеді. Тритийдің таралуының сондай жан-жақты сипаты тек кейбір аталған нақты телімдерге ғана тән екендігін анық түсіну керек. Басқа штольнялардың орналасу орындарында, бәрінен бұрын, су ағыны бойымен ауада таралуының жалпы сипаты сақталатын болады. Басқа ландшафтты ерекшеліктер мен гидрогеологиялық режімнің болуы кезінде (арнаға басқа жақтан қосымша су ағып келу мүмкіндігі, тритиймен ластанған топырақасты суларының ағып келуі және т.б.) тритийдің ауада таралуының ұсынылған сипаты түр жағынан біраз өзгеріп, шоғырланудың күрт жоғарылауының (төмендеуі) шектерінің қосылуымен соншалықты байсалды болуы мүмкін.

2.1.2. Тритийдің жербеткі су ағыны арнасынан алыстаған сайынғы шоғырлануын зерттеу

Тритийдің жербеткі су көздерінен алыстаған сайынғы таралу сипатын зерттеу жүргізу үшін № 177 штольня жылғасы арнасындағы су көздерінен ауа сынамасын іріктеп алу нүктелері бар арна ортасынан оң және сол жаққа тең алыстайтын перпендикуляр бейіндер салынған (3-сурет, а). Алынған нәтижелер суретте көрсетілген (5-сурет).



а б

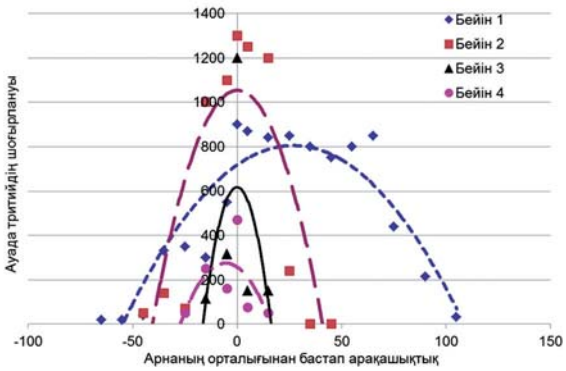
5-Сурет. Жербеткі су ағындары арнасынан алыстаған сайын атмосфералық ауада ^{3}H шоғырлануының өзгеруі

Жүргізілген тәжірибе көрсеткендей, жылғадан арақашықтық ұлғайған сайын тритийдің атмосфералық ауадағы шоғырлануы жылғаға жақын жерде 600 Бк/м^3-ден 100 м қашықтықта екінші жаққа жылғадан алыстаған сайын 30–50 Бк/м^3 дейін өзгереді.

Арнадан оң жақтағы ауада тритий шоғырлануының максималды мәні сол жақтағы атмосфералық ауаны зерттеу кезінде алынған максималды мәнінен іс жүзінде екі есе артық – 1000 Бк/м^3 және 550 Бк/м^3, тиісінше. Мұндай таралудың себебі зерттеліп

жатқан аумақтың ландшафты болды – арнаның оң жағы көктемгі кезеңде сумен молынан толатын шұңқыр ретінде, бұл аталған телімге тритийдің қосымша түсу көзі рөлін атқаруы мүмкін. Сол жақ, керісінше, төбеге қарай, құзды төңірекке жақын барады, топырақ құрғақ, тасты, сырттан қосымша ылғал көзі іс жүзінде болмайды.

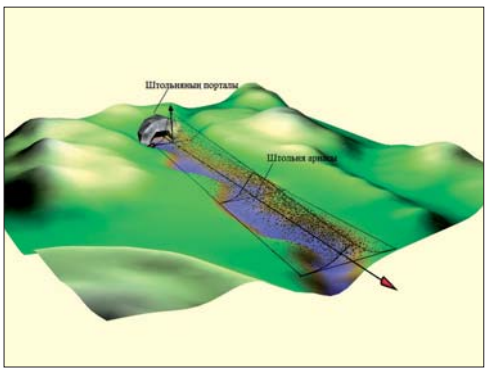
Осындай зерттеулер № 177 штольня жылғасы арнасына перпендикуляр орналасқан төрт бейін бойынша жүргізілді. Суретте өзектік сызық бойымен созылған жербеткі су көзінен алыстаған сайын тритийдің таралуының жалпы сипаты бейнеленген (6-сурет). Сызықтармен суретте әр бейіндегі тритийдің атмосферадағы шоғырлану мәні бойынша құрылған тренд сызықтары көрсетілген.



6-Сурет. Ашық су ағынынан алыстаған сайынғы ^{3}H атмосфералық ауадағы шоғырлануының таралу сипаты

Зерттеліп жатқан экожүйелердің атмосфералық ауасындағы тритийдің көп шоғырлануы тритийдің судағы жоғары шоғырлануы бар штольня жылғаларының орналасу орнына тән. Штольнялардың орналасу орны атмосферасындағы тритийдің шоғырлануы штольнялық жылға арнасы бойымен де, сол сияқты одан басқа жаққа да арақашықтық ұлғайған сайын көп төмендейді.

Су шыққан штольнялардың орналасу орны ауа ортасындағы тритийдің таралуының жалпы көрінісі қиманың күмбезтәрізді формасы бар изобет ретінде берілген (7-сурет).



7-Сурет. Су шыққан штольнялардың орналасу орны ауа ортасындағы тритийдің таралу сипаты

Салыстырмалы су ағыны атмосферасындағы тритийдің таралуының алынған көрінісі тек аталған төңірекке тән жалпы сипатты көрсетеді. Таңдап алынған аумақтың қандай болмасын топографиялық, гидрогеологиялық немесе ландшафттық жағдайлар өзгерген кезде ауа ортасындағы тритийдің таралу сипаты біраз өзгереді, әйтсе де жалпы принцип – жербеткі су ағынынан алыстаған сайынғы атмосферадағы тритий шоғырлануының азаю тенденциясы сақталуы мүмкін.

2.2. Зерттеліп жатқан экожүйелердің атмосфералық ауасындағы тритийдің таралу сипаты мен негізгі механизмдерін зерттеу

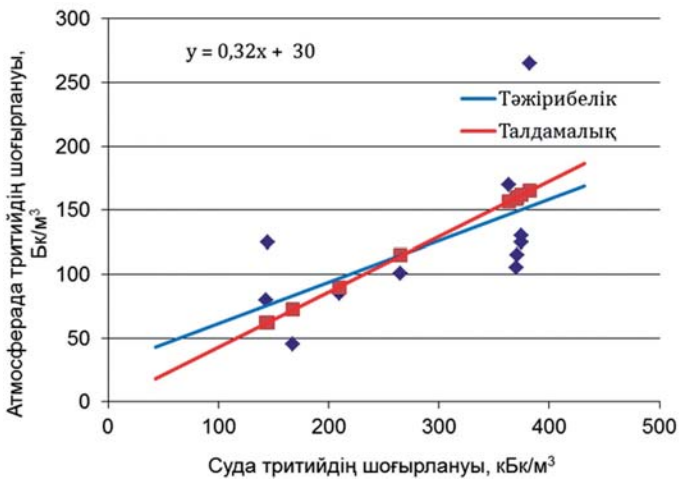
2.2.1. Тритийдің су - атмосфералық ауа жүйесіндегі таралу сипаты

Зерттеудің жалпы әдіснамасы

Тритиймен ластанған жербеткі су ағынының атмосфералық ауаның тритиймен ластануына қосар үлесін бағалау үшін зерттеудің бір телімінде атмосферадағы тритий шоғырлануының судағы тритий шоғырлануынан тәуелділігіне зерттеу жүргізілді. Зерттеу үшін судағы тритийдің шоғырлануының әр түрлі мәндері бар нүктелер таңдап алынды және ауа мен су булары сынамаларын қоса іріктеп алу жүзеге асты. Су булары сынамаларын іріктеп алу су сынамаларын іріктеп алу нүктесінен шамамен 30-50 см болжамды минималды арақашықтықта, жағалау аймағында жүргізілді. Зерттеу жүргізумен қатар бір уақытта тәжірибелік деректерге негіздей отырып, атмосферадағы тритий шоғырлануының судағы тритий шоғырлануынан тәуелділігіне сараптамалық талдама жүргізілді.

Зерттеу нәтижелері

Зерттеу нәтижелері суретте берілген (8-сурет).



8-Сурет. Атмосферадағы ^{3}H шоғырлануының судағы ^{3}H шоғырлануынан тәуелділігі

Жүргізілген зерттеулер атмосфералық ауадағы тритий құрамы судағы тритий құрамына байланысты іс жүзінде тік тепе-тең өзгереді және келесі тізбекті тәуелділікпен жуықтатылуы мүмкін екенін көрсетті:

$$C_{\text{Т атмосферада}}\ [\text{Бк/м}^3] = 0{,}32*C_{\text{Т суда}}\ [\text{кБк/кг}] + 30 \qquad [4]$$

Алынған тәуелділікке сәйкес, формулада бос мүше бар – +30, ол судағы тритийдің шоғырлануының «0»тең болған кезде атмосферадағы (түсудің басқа көздерден үлесі) тритийдің әйтеуір бір аялық шоғырлануының мөлшерін көрсетеді.

Алынған тәуелділікті дәлелдеу үшін, сондай-ақ тритийдің атмосферадағы құрамының деңгейіне есептік әдіспен болжамды бағалау жүргізудің мүмкіндігі үшін жербеткі су ағынына жақын атмосферадағы тритийдің шоғырлануын сараптамалық есептеу жүргізілді.

Атмосферадағы тритийдің шоғырлануын сараптамалық есептеу жылғаға максималды жақындаған нүктелерде тритийдің ауаға түсуінің негізгі көзі, негізінен, тритиймен ластанған су ағынының өзі болған жағдай ескеріле отырып жүргізілді. Атмосферадағы тритийдің шоғырлануының мөлшері су буларының жылға бетінен булану қарқындылығына, сондай-ақ олардың ауадағы таралуының сипаты мен жылдамдығына байланысты [13, 14].

Сынамаларды іріктеп алу жылғаларға тікелей жақын жерде (су ернеуінен ~0,5 м-де) және желдің аздаған жылдамдығы кезінде жүргізілгендіктен, желге көлденең бағытта су буларының қандай да болмасын маңызды шашырауы ластану көздерінен соншалықты қашықтықта болмайды, сондықтан атмосфераның тұрақтылығы санатына байланысты коэффициенттерге тәуелді қоспалардың ауада таралуының Гаусс үлгісін пайдалану дұрыс емес. Осы жұмыста су булары жел арқылы жылғаның бір жағалауынан екінші жағалауына өту уақытында ауаның жербеткіалды көлемінде тегіс таралады және осыдан су ағынынан түсетін тритий шоғырлануы келесі теңдеумен суреттеледі:

$$C=E*TFC*A_{су}*(1/H)*(L/(v*\sin(\alpha)), \text{ бұл жерде} \qquad [7]$$

C – ауадағы тритийдің шоғырлануы, Бк/м^3;
E – су булануының коэффициенті;
TFC – температуралық түзету коэффициенті;
$A_{су}$ – судағы тритийдің белсенділігі, Бк/кг (іс жүзінде барлық деректер қолданылды);
v – топырақ бетіне желдің салыстырмалы жылдамдығы, м/с;
α – желдің бағыты мен сұйықтық қозғалысының бағыты арасындағы бұрыш, радиан;
H – биіктік (криогенді құрылғының биіктігіне тең), м;
L – жылға ені, м.

Булану қарқындылығы (булану коэффициенті), жалпы түрде, қанықкан бу қысымының, су мен ауаның температурасы, бу түзу жылуының, желдің, судың және басқалардың жылдамдығының функциясы болып табылады, әдебиетте жартылай эмпирикалық формулалар көмегімен суреттеледі. Осы жұмыста федералды техникалық басшылықтың ресми статусы бар ретіндегі АҚШ Қоршаған ортаны қорғау агенттігінде (EPA U.S.) әзірленген әдіснама қолданылады. Осы әдістемеге сәйкес судың буланууы келесі теңдеумен беріледі [15]:

$$E=10.4*u^{0.78}*M^{0.667}*P_c/(R*T_c), \text{ бұл жерде} \qquad [5]$$

E – булану коэффициенті, кг/с*м^2;

u – су бетіне ауаның салыстырмалы жылдамдығы, м/с;
M – сұйықтықтың молярлық салмағы, 18 г/моль;
P_c – сұйықтықтың берілген температурасы кезіндегі сұйықтықтың қаныққан буының қысымы, кПа;
R – әмбебап газдық тұрақты, 82.05 атм*см^3/(моль*K);
T_c – сұйықтық температурасы, K.

Аталған теңдеуді алу кезінде су температурасы мен қоршаған ортаның тепе-теңдігі болжанғандықтан, аталған құрамдас бөлік үшін температуралардың айырмашылығы тән болған жағдай үшін (осы зерттеудегі сияқты) булану коэффициентін температуралық түзету коэффициентіне қосымша көбейту ұсынылады [17]:

$$TFC=P_c*T_{ауа}/(P_{ауа}*T_c), \text{ бұл жерде} \quad [6]$$

P_c – T_c температурасы кезіндегі қаныққан будың қысымы, кПа;
T_c – сұйықтық температурасы, K;
$P_{ауа}$ – $T_{ауа}$ температурасы кезіндегі қаныққан будың қысымы, кПа;
$T_{ауа}$ – қоршаған ортаның температурасы, K.

Тритий шоғырлануын есептеу тәжірибелік жолмен алынған келесі параметрлер аралығының орташа мәні T_c , $T_{ауа}$, v, H, L, $A_{ауа}$ - бойынша жүргізілді (1-кесте).

1-Кесте

Есептік бағалауды жүргізуге арналған бастапқы деректер

Параметр	T_c, K	$T_{ауа}$, K	v, м/с	H, м	L, м
Орташа	288	300	1	0.7	1
Минимум	286	293	0.5	0.6	0.8
Максимум	290	303	1.3	0.8	1.2

Жүргізілген есептеулер негізінде атмосферадағы тритийдің шоғырлануының судағы тритийдің шоғырлануына тәуелділігінің сараптамалық қисық сызығы құрылды (8-Сурет). Тәжірибелік және сараптамалық жолмен алынған тритий шоғырлануының мәндері бір бірінен шамамен 20 % дейін ерекшеленеді.

Атмосферадағы тритий шоғырлануының мәндеріне әр түрлі дәрежеде әсер ететін негізгі параметрлердің әсерін бағалау үшін аталған параметрлердің өзгеруі кезіндегі олардың тәжірибе жүргізу кезінде тіркелген минималды және максималды мәндері арасындағы диапазонда ауадағы тритий шоғырлануы мөлшерінің өзгеруіне талдама жүргізілді (1-кесте).

Талдама кездейсоқ түрде ауадағы тритий шоғырлануына негізгі әсер етуші параметрлердің - сұйықтық температурасы (T_c), ауаның температурасы ($T_{ауа}$), желдің жылдамдығы ($v_{жел}$), жылға ені (L) - тасталған Монте-Карло әдісі бойынша жұмыс істейтін имитациялық үлгі негізінде жүргізілді. Имитацияны пайдалана отырып, ауадағы тритий шоғырлануының мәндері аралығын көрсететін үлгі алынды (9-сурет).

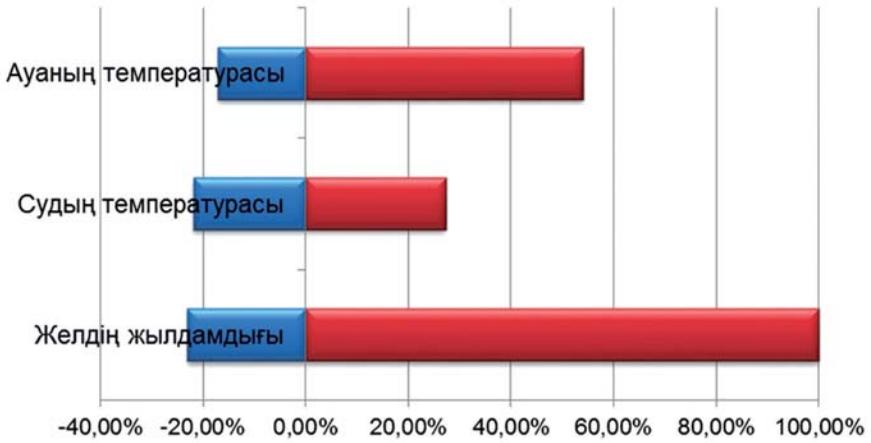
10-Сурет. Үлгі параметрлері мәндерінің 50%-да өзгеретін аралығы

Судағы берілген тритий шоғырлануы кезіндегі ауадағы тритий шоғырлануының мәндерінің болжамы таралуының есептік үлгі параметрлерінің олардың минималды және максималды мәндері арасындағы кездейсоқ түрде тәуелсіз құбылу жолымен алынған талдамасы, 80 %-дық шынайылықпен ауадағы тритий шоғырлануының мәндерінің орташа мәндермен салыстырғанда 75 %-дан 340%-ға (немесе 63-тен 279 Бк/м^3 дейін) дейінгі аралықта өзгеруі мүмкін екенін көрсетті.

Осыдан ауадағы тритий шоғырлануының судағы тритий шоғырлануына тәуелділігі былай көрсетілуі мүмкін екені белгілі:

$$C_{\text{Т ат.ауада}}\ [\text{Бк/м}^3] = (0.26 \div 1.03) * C_{\text{Т суда}}\ [\text{кБк/кг}] \qquad [7]$$

Жербеткі су ағынына жақын ауадағы тритий шоғырлануының мөлшеріне жекелеген маңызды параметрлердің әсер дәрежесін бағалау үшін негізгі параметрлерден үлгі сезімталдығына бағалау жүргізілді (11-сурет). Бағалауды жүргізу үшін үш аса маңызды параметр – ауа температурасы, судың температурасы, жел жылдамдығы таңдап алынды.



11-Сурет. Жекелеген маңызды параметрлердің ауадағы тритий шоғырлануына әсері

Сезімталдықтың жүргізілген талдамасы ауадағы тритий шоғырлануына ауа температурасы мен жел жылдамдығының мөлшерлері көп әсер ететінін көрсетті. Су ортасының температура мәніндегі белгісіздік, аталған параметрді қарастырудан толық алып тастауға болмаса да ауадағы тритий шоғырлануына азырақ әсер етеді.

Жүргізілген зерттеулер мен сараптамалық талдамаларға сәйкес, тритиймен ластанған жербеткі су ағынына жақын атмосфералық ауадағы тритий шоғырлануы, судағы тритий шоғырлануына байланысты бірқатар әсер етуші параметрлерді – олардың негізгісі жел жылдамдығын, ауа температурасын және судың температурасын ескере отырып, тепе-тең өзгереді.

Болжамды таралу талдамасына сәйкес, көрсетілген параметрлердің өзгеруіне байланысты атмосферадағы тритий шоғырлануы өзгеретін параметрлердің мөлшерлері арасындағы максималды шашырауды есепке ала отырып, 75-тен 340 %-ға дейінгі (63-тен 279 Бк/м^3 дейінгі) аралықта өзгеруі мүмкін.

Судағы тритий шоғырлануы бойынша ауадағы тритий шоғырлану мөлшерлерін тәжірибелік және теоретикалық формулаларды пайдалана отырып есептеу сәйкестенеді. Болжамдық бағалауды жүргізу кезінде тәжірибелік деректер бойынша [4] алынған формуланы пайдалана отырып шығатыны, есептік мәндердің шашырау мөлшерлерін бағалау үшін пайдаланылатын судағы сол берілген тритий шоғырлану (≈270 Бк/м^3) кезінде, ауадағы тритий шоғырлану мәні шамамен 120 Бк/м^3 құрайды, бұл жоғарыда көрсетілген аралыққа кіреді.

2.2.2. Штольнялық ауа – атмосфералық ауа жүйесіндегі тритийдің таралу сипаты

Зерттеудің жалпы әдіснамасы

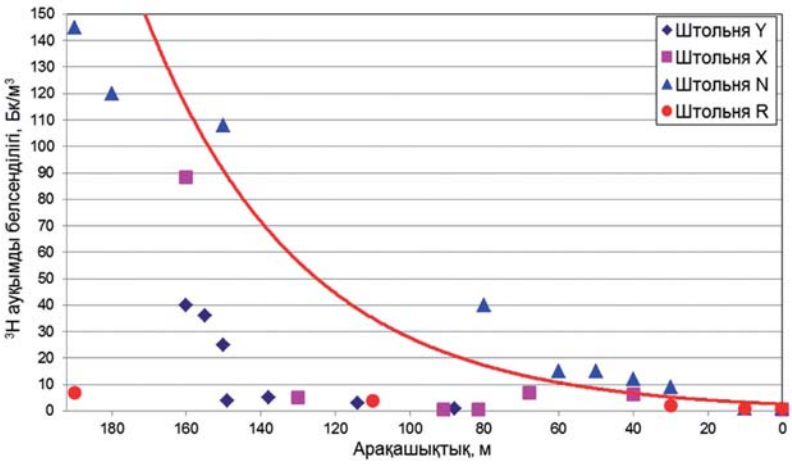
Негізгі мақсат – тритийдің штольня қуыстарынан атмосфералық ауаға түсуі үлесінің маңыздылығына бағалау жүргізу.

Штольня қуысы ішінің ауа ортасындағы тритий таралу сипатын зерттеу зерттеудің бірінші кезеңі болды. Алдыға қойылған міндеттерге жету үшін ішінде жұмыстарды жүргізу жағдайларына байланысты штольня порталынан бастап және одан ары қарай тереңірек, 10-нан 60 м дейінгі қадаммен ауа су буларының сынамалары іріктеп алынған су шықпаған төрт штольня таңдап алынды.

Ешқандай су шығу белгісі жоқ, «тоқтатылған» порталдар алдындағы тритийдің шоғырлану деңгейін зерттеу зерттеудің екінші кезеңі болды. Штольняның қазан-шұңқырлық қуысы «тоқтатылған» соң абсолютті герметикалық болмағандықтан және ауа қозғалысы штольня бойынша ұсату аймағы арқылы күндізгі жер бетіне және кері бағытта газдық конвекцияның механизмдері есебінен қозғалуы мүмкін, тритийдің штольня қуысынан атмосфераға ауа ағындарымен бірге жылыстау мүмкіндігі бар. Штольнялық ауаның су булары сынамаларын іріктеп алу тікелей штольня порталында, сондай-ақ әр штольнядан 50 м-де, штольнялық ауаның ауа ортасының тритиймен ластануына қосқан үлесін бағалау үшін жүргізілді.

Зерттеу нәтижелері

Штольня қуысы ішіндегі ауа ортасының тритий шоғырлануын зерттеу нәтижелері суретте берілген (12-сурет).



12-Сурет. Штольня қуысы ішіндегі ауа ағынымен тритийдің таралу сипаты

Алынған деректер талдамасы зерттеліп жатқан штольня қуыстарының ауа ортасындағы тритий шоғырлануының мәндері штольня түбінде және шығар жерде орташа алғанда 140-тан 1 Бк/м^3 дейінгі шекте, тиісінше (төрт штольняның зерттеу нәтижелері бойынша) өзгеретінін көрсетті. Штольня қуыстарындағы тритийдің максималды шоғырлануы жарылыс жасалған соңғы бокске жақынырақ орналасқан белгіге сәйкес және жарылыс нәтижесінде пайда болған тритийдің негізгі саны міндетті түрде сонда болуы тиіс. Штольнядан шығар жерге жақындаған сайын тритийдің шоғырлануы жарылыс эпиорталығынан алыстаған сайын да, штольнялық ауаның атмосфералықпен диффузиялық араласу салдарынан да көп төмендейді.

Зерттеудің екінші кезеңінде штольнялық ауаның құрамында бар тритийдің штольнялардың сағаалды телімдеріндегі ауа ортасының тритийлік ластануына қосар үлесіне бағалау жүргізілді (13-сурет).

13-Сурет. Штольняның порталалды телімдеріндегі ауадағы ^{3}H шоғырлануы

Зерттеу нәтижелері тритийдің «тоқтатылған» штольня қуыстарынан ауа ағындарымен жер бетіне шығуының принципиалды мүмкіндігін көрсетті. Штольня порталдарындағы тритийдің шоғырлануы шамамен 50 Бк/м^3 жетеді, егер Дегелең таулы массиві шегіндегі ауадағы тритийдің шоғырлануының аялық мәндері шамамен 1-2 Бк/м^3 құрайтынын ескерсек, бұл маңызды нәрсе. Алайда, ары қарайғы зерттеулер штольня порталдарынан 50 м арақашықтықта ауадағы тритийдің шоғырлануы штольнялық ауадағы тритийдің шоғырлануынан 5-15 % құрайтынын көрсетті, бұл іс жүзінде ая деңгейінде тұр және атмосфераның тритийлік ластануына маңызды үлес қоса алмайды.

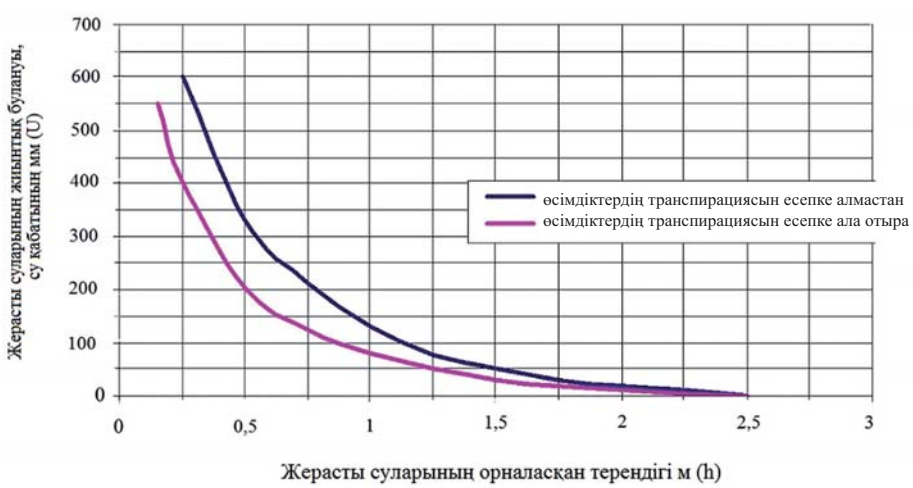
Сонымен, штольнялық ауадағы тритийдің шоғырлануы штольня орналасқан аудандағы атмосфералық ауаның тритийлік ластануының қалыптасуына маңызды үлес қоспайды. Штольнялық ауа ары қарай тритийдің атмосфераға түсуінің маңызды көзі ретінде қарастырылмайды.

2.2.3. Топырақ ауасы – атмосфералық ауа жүйесіндегі тритийдің таралу сипаты

Зерттеудің жалпы әдіснамасы

Жерасты суларының бір бөлігі жер бетінен буланууға шығындалатыны белгілі болғандықтан [1], аталған жағдай кезінде тритийдің буланатын ылғалмен атмосфераға түсетінін болжауға болады.

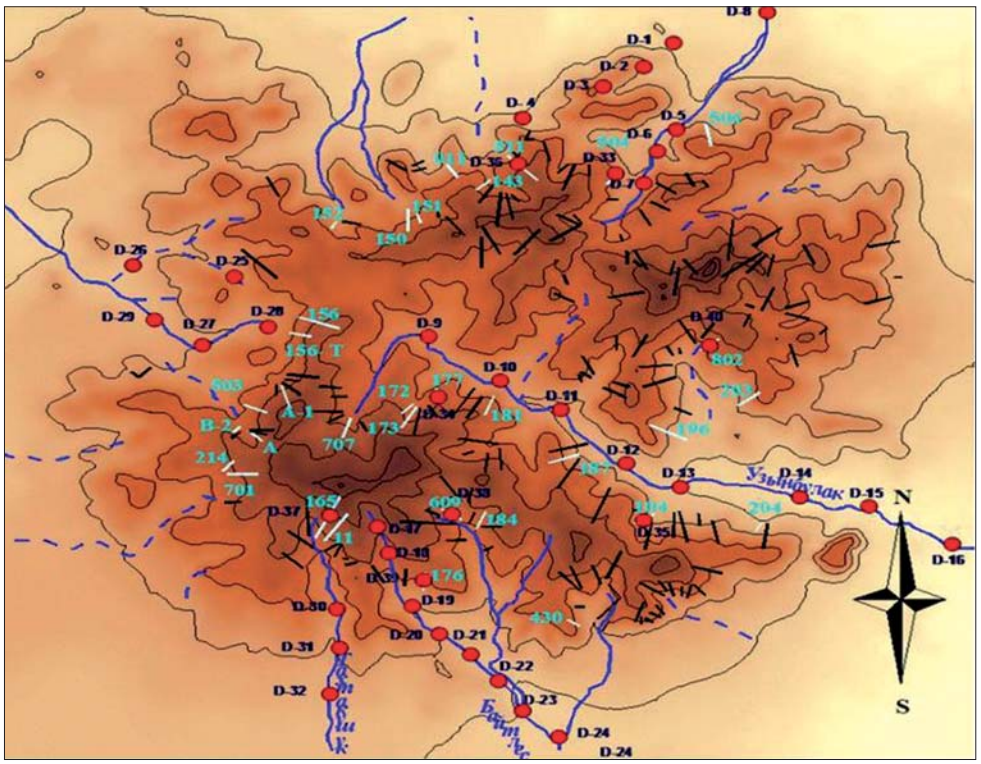
Ұсынылған кестеде (14-сурет) жерасты суларының буланууы буланатын судың мөлшері өсімдіктермен транспирацияны ескере отырып, 100 мм құрайтындай 2,5 м тереңдіктен басталатыны көрсетілген. Жылына 700 мм дейінгі максималды мәндерге бұл процесс 20 см дейінгі тереңдікте жетеді. Кестені құрар кезде мәндері топырақтың түріне қарай өзгеретін, көптеген дәрежеде топырақ үстінен буланатын ылғалдың мөлшеріне әсер ететін топырақтардың өткізгіштігі, қуыс болуы сияқты параметрлерді ескерілмей, орташа мәндер алынды.



14-Сурет. Жерасты суларының орналасқан тереңдігіне байланысты ылғалдың жер бетінен булану сипаты

Зерттеу мақсаты – топырақ ауасындағы тритийдің шоғырлану деңгейін анықтау және топырақ ауасы құрамындағы тритийдің атмосфераның тритийлік ластануына қосар үлесіне бағалу жүргізу.

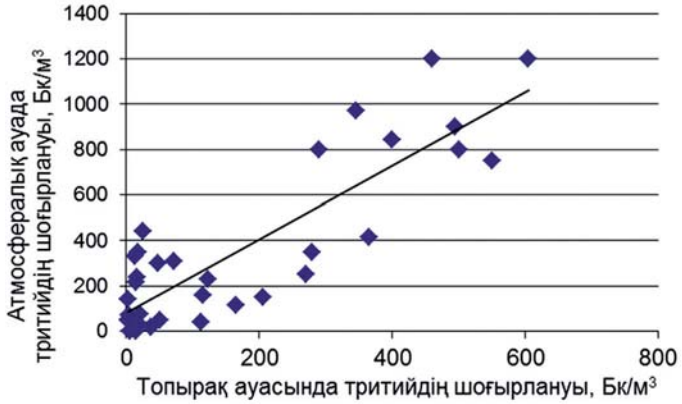
Тәжірибе жүргізу үшін Дегелең таулы массиві негізгі өзендерінің құрғақ арналары таңдап алынды, мұнда гидрогеологиялық карталарға сәйкес жерасты су ағындары өтеді және нәтижесінде тритийдің топырақ ауасымен атмосфераға түсуі мүмкін. Жүргізілген зерттеулердің деректеріне сәйкес, «Дегелең» алаңы топырақ суларындағы тритийдің шоғырлануы шамамен 300 кБк/кг құрайды [19]. Топырақ және атмосфералық ауаның су булары сынамаларын іріктеп алу қоса, яғни бір уақытта, бір бірінен минамалды арақашықтықта (50 см дейін), зерттеудің бір нүктесінде жүргізілді. Сынамаларды іріктеп алуды жүргізудің сұлбасы суретте көрсетілген (15-сурет).



15-Сурет. Дегелең таулы массиві аумағындағы топырақ және атмосфералық ауаның су булары сынамаларын іріктеп алу нүктелері

Зерттеу нәтижелері

Келесі суретте жүргізілген зерттеулердің нәтижелері келтірілген (16-сурет).



16-Сурет. Атмосфералық және топырақтық ауадағы ^{3}H шоғырлануының тәуелділігі

Топырақ ауасындағы тритий құрамының мәні кең шектерде құбылады. Деректерге талдама жүргізу барысында кейбір жағдайларда топырақ ылғалындағы тритийдің шоғырлануы көп немесе атмосферадағы тритийдің шоғырлануымен шамалас екендігі байқалды.

Алынған тәуелділік жуықталған және келесі функциямен суреттелген:

$$C_{\text{Т ат. ауадағы}}\ [\text{Бк/м}^3] = 1{,}6 * C_{\text{Т топырақ ауасындағы}}\ [\text{Бк/м}^3] + 30 \qquad [9]$$

Атмосферадағы тритийдің аялық шоғырлануы топырақ ауасындағы тритийдің шоғырлануының нөлге тең болған кезінде берілген теңдеудің жүргізілген тәжірибе жағдайында 30 Бк/м^3 құраған бос мүшесімен суреттеледі.

Жүргізілген зерттеу тритиймен ластанған жерасты суларының орналасқан тереңдігі орындарында (2,5–3 м көп емес тереңдікте) топырақ бетінен эманация процестерінің нәтижелерінде тритийдің атмосфераға түсуі жүретінін көрсетті.

Топырақ ылғалында тритий шоғырлануы болған кезде, ^{3}H шоғырлануының бағалау есебін және сол сияқты зерттеудің таңдап алынған теліміндегі атмосфераның тритиймен ластануына бағалау жүргізуге болады.

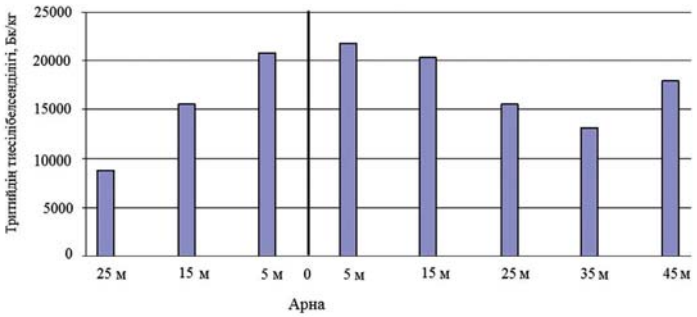
«Дегелең» алаңының өзіндік ерекшеліктерін - топырақ суындағы тритийдің жоғары шоғырлануы, орналасқан тереңдігінің үлкен еместігін ескере отырып, тритийдің таралуының анықталған сипаты тек аталған аумаққа немесе топырақ суларының ұқсас сипаттамалары бар аумақтар және зерттеудің басқа теліміндерінде орын алмауы мүмкін.

2.2.4. Өсімдік – атмосфералық ауа жүйесіндегі тритийдің таралу сипаты

Зерттеудің жалпы әдіснамасы

«Дегелең» алаңы штольнялық жылғаларының тритиймен ластануына бағалау жүргізу барысында судағы тритий шоғырлануы шамамен 300–400 кБк/кг [19] жететіні анықталды. Судағы соншалықты жоғары шоғырланулар кезінде жағалау аймағының өсімдіктерде де сол сияқты тритийдің жоғары шоғырлануы болуы керек деп, және өз кезегінде, өсімдіктердің транспирация процестерінің салдарынан ауа ортасына тритий түсуінің көздері рөлінде болуы керек деп болжанды.

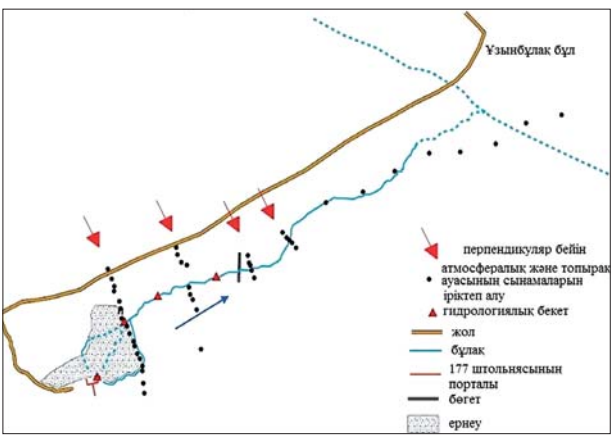
Тексеру және дәлелдеу үшін бастапқыда штольнялық жылға (№ 176 штольня) жағалау аймағының қияқ өсімдігінің (Leymus angustus) бос суындағы тритийдің шоғырлануын зерттеу бойынша тәжірибе жүргізілді. Өсімдіктердің сынамаларын іріктеп алу штольнялық жылғаның негізгі арнасына перпендикуляр орналасқан бейін бойынша, зерттеу нүктелерінің арасында 10 м тең қадаммен жүргізілді. Нәтижелері суретте ұсынылған (17-сурет).



17-Сурет. Өсімдіктердің бос суындағы тритийдің шоғырлануын зерттеу

Зерттеу нәтижелерінде 80 кБк/кг жететін тритий шоғырлануының мәндері алынды. Алынған деректерге сүйене отырып, атмосфералық ауадағы тритий шоғырлануы, өсімдіктегі тритий шоғырлануы және өсімдік жамылғысының өнімділігі арасындағы болжамды тәуелділікті анықтау бойынша бірқатар зерттеулер жүргізілді.

Бұл үшін № 177 штольня ауданында штольнялық жылғаға перпендикуляр 4 бейін салынған. Әр бейін төңіректің бедеріне байланысты біршама зерттеу алаңдарынан – 5-тен 18-ге дейін тұрды. Зерттеу алаңдарының арасындағы арақашықтық 5–15 м құрады. Ауа мен өсімдік сынамаларын іріктеп алу (аралас үлгілердің) қосарланып жүргізілді – әр зерттеу алаңдарында 1 кв.м телім бөлінді, оның ортасында ауаның су булары сынамалары іріктеп алынды. Ары қарай, жамылғының өнімділігін анықтау үшін телімдегі өсімдік шауып алынды.

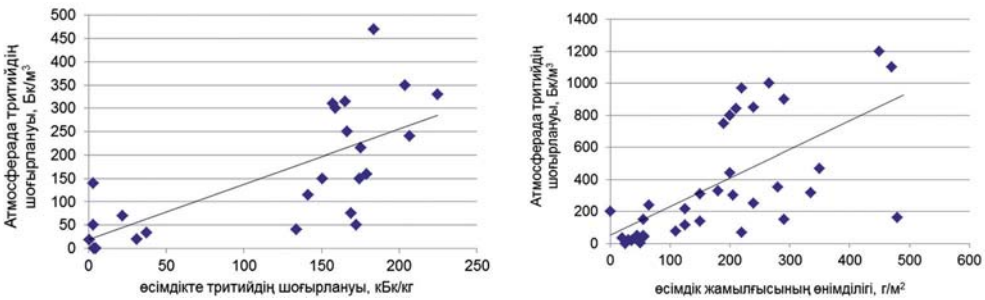


18-Сурет. № 177 штольня орналасқан аудандағы атмосфералық ауа мен өсімдіктің сынамаларын іріктеп алу (перпендикуляр бейіндер бойынша) сұлбасы

Зерттеу нәтижелері

Алынған деректердің талдамасы таңдап алынған телімдер өсімдіктердің бос суындағы тритий шоғырлануының мәндері 3-тен 250 кБк/кг дейінгі шекте құбылатынын көрсетті. Сол зерттеу алаңдарының ауасындағы тритий шоғырлануының мәндері 80-нен 1200 Бк/м^3 дейінгі шекте өзгереді.

Алынған деректердің нәтижелері бойынша атмосфералық ауадағы және өсімдіктегі тритий құрамы арақатынасының (19-сурет, а) және тритиймен ластанған өсімдік жамылғысының өнімділігіне байланысты атмосферадағы тритий шоғырлануы өзгеруінің (19-сурет, б) кестесі құрылды.



а б

19-Сурет. Атмосфералық ауадағы ^{3}H шоғырлануының өсімдіктегі ^{3}H шоғырлануынан (а) және ^{3}H ластанған өсімдік жамылғысының өнімділігіне (б) тәуелділігі

Алынған кестелердегі көрсетілген деректер тізбекті функциямен жуықталды. Алынған тәуелділіктерді пайдалана отырып, өсімдіктегі тритий құрамы бойынша атмосфералық ауадағы тритий құрамының бағалаулық болжамын келесі эмпирикалық теңдеуді пайдалана отырып, жүргізуге болады:

$$C_{\text{Т ат. ауада}}\ [\text{Бк/м}^3] = 1{,}2 * C_{\text{Т өсімдіктерде}}\ [\text{кБк/кг}] + 50 \qquad (10)$$

Бағалаулық болжамды жүргізу кезінде зерттеу теліміндегі өсімдік жамылғысының өнімділігін ескеру қажет.

Тритиймен ластанған өсімдіктердің жайылып өсу орындарындағы атмосфералық ауаның тритийлік ластануы өсімдіктердің транспирация процестеріне байланысты болуы мүмкін. Алынған тәжірибелік тәуелділіктер атмосфераның тритийлік ластануының қалыптасуына өсімдіктердің қосар үлесін дәлелдейді.

Келтірілген форматқа сәйкес, формулада бос мүше +50 бар, ол мүше зерттеу телімдеріндегі тритийдің аялық шоғырлануын көрсетеді, бұл атмосфераға түсуінің басқа да көздері барын көрсетеді.

ҚОРЫТЫНДЫ

Су шыққан штольнялардың орналасу орындарында Дегелең таулы массиві аумағындағы ауа ортасындағы тритий шоғырлануының деңгейін зерттеу штольнялардың сағаалды телімдеріндегі атомсфераның тритиймен ластануы біраз негізгі көздерінің есебінен қалыптасатын көрсетті. Бұл – топырақасты суларының терең орналасқан жерлеріндегі топырақ ауасы және жербеткі сулар мен өсімдіктер. Тритиймен ластанған

негізгі телімдер штольня қуыстарынан шыққан су ағындарымен тритийдің шығарылуы есебінен өзендердің арна бойымен орналасқан.

Ауадағы тритий шоғырлануы ауа қабаттарының диффузиялы араласу есебінен түсу көзінен арақашықтың ұлғаюымен көп төмендейді және шамамен 50-70 м арақашықтықта бір ретке және бастапқыдан көп төмендейді.

Штольнялардың сағаалды телімдері ауа ортасында тіркелген тритийдің шоғырлану мәндері, бірқатар жағдайларда 1000 Бк/м^3 көп жетеді, бұл 1900 Бк/м^3 құраған тұрғындар үшін жылдық орташа рауалы көлемді белсенділік шегінен аспайды, бірақ соған жақын тұр [19].

Тәжірибенің жағдайлары мен орындары өзгерген кезде алынған тәуелділіктердің түрі өзгеруі мүмкін, ал тритийдің атмосфераға түсуінің кейбір көздері (мысалы, топырақ ылғалы) жоқ болуы мүмкін екенін атап өту қажет. Аталған жұмыста «Дегелең» алаңы жағдайларында, әсіресе, су шыққан штольнялардың орналасу аудандарына қарай қолданылатын ауа ортасындағы тритийдің таралуының деңгейі мен сипатының суреттемесі қарастырылған.

Мақала авторлары Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының қызметкерлері А.О.Айдархановқа, В.А.Ульянкинге, В.А.Коровинге, А.С.Смирновқа экспедициялық жұмыстарды қамтамасыз ету мен жүргізу кезіндегі көмектері үшін, Ю.Ю.Яковенкоға, Е.А.Еременкоға, Н.А.Елизарьеваға картографиялық материалды құрғандары үшін, С.В.Геноваға және ҚОМЖӘБ жалпы химия тобына өсімдіктердің және ауа су буларының сынамаларын дайындағандары үшін алғыстарын білдіреді.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. *Кузнецов В.И.* «Сутегі: атақты изотоптар» /В.И. Кузнецов // Химия және Өмір. - 1981. - № 1.
2. *Э.Эван.* Тритий және оның қосылыстары / Э.Эванс. - М.: «Атом баспасы», 1970.
3. *Беловодский Л.Ф.* Тритий / Л.Ф.Беловодский , В.К.Гаевой, В.И.Гришмановский. – М.: Атом баспасы, 1985.
4. *Ферронский В.И.* Гидросфераның табиғи изотоптары / В.И.Ферронский, В.Т.Дубинчук, В.А.Поляков [және т.б.]. - М.: Недра, 1975.
5. *Ляхова О.Н.* «Дегелең сынақ алаңы аумағындағы қоршаған орта нысандарындағы тритий құрамын зерттеу» / О.Н.Ляхова, С.Н.Лукашенко, М.А.Умаров, А.О.Айдарханов / ҚР ҰЯО Жаршысы. – 2007. – 4 шығарылым. – 80 – 86 б.
6. *Солодов Н.А.* Литий, рубидий және цезийдің геохимиясы / Н.А.Солодов, Л.С.Балашов, А.А.Кременецкий - М., 1980.
7. *Chaudry M.N.* 1973. Lithium-aluminium micas from the Meldon aplite / M.N. Chaudry, R.A. Howie. - Mineralogical Magazine 39.
8. *Романов Г.Н.* Тритийдің қоршаған ортадағы қалпы және биологиялық әрекеті Радиоэкология мәселелері / Г.Н.Романов. - ВИНИТИ, 1983.

9. «Радиоактивті-ластанған су ағындарының әсеріне шалдыққан экожүйелерді зерттеу» кезеңі бойынша «Семей полигоны атом энергетикасы нысандарының қазіргі ахуалы және қызметінің қоршаған ортаға зардаптарын зерттеу» ҒТБ бойынша орындалған ҚР ҰЯО Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының ғылыми-зерттеу қызметі туралы есеп/ басш. С.Н.Лукашенко. – Курчатов: ҚР ҰЯО РҚЭИ, 2009.
10. Тритийді өлшеу әдістері. АҚШ НКРЗ нұсқаулары: [ағылш. аударма]. - М.: Атом баспасы, 1978.
11. Дала геоботаникасы- 1 т.-1959.-444 б.; 2 т.-1960.-500 б.; 3 т.-1964.-530 б.; 4 т.-1972.-336 б.; 5 т.-1976.-320 б. -М.: Ғылым.
12. Су сапасы – аталған шоғырлануға сәйкес тритийдің белсенділігін анықтау – сцинтилляциондық есептеудің сұйықтық әдісі: ISO 9698-1989 /E/.
13. *Jones R.* Measurement and Analysis of Evaporation From an Inactive Outdoor Swimming Pool / R. Jones, C. Smith, G. Löf //Solar Energy. – 1994. - V. 53. - No 1. - P.3.
14. "Technical Guidance For Hazards Analysis". - U.S. EPA and U.S. FEMA, 1987.
15. *Stiver W.* "A Spill Hazard Ranking System for Chemicals", Environment Canada First Technical Spills Seminar, Toronto / W. Stiver, D. Mackay. - Canada, 1993.
16. "Risk Management Program Guidance For Offsite Consequence Analysis", U.S. EPA publication EPA-550-B-99-009. – 1999, april.
17. *Белянин В.И.* «Шығыс Қазақстанның аридті жағдайларындағы топырақасты суларының булануын анықтау тәжірибесі» / В.И.Белянин. - VIII сериясы – 1 шығарылым. - ЭИ ВИМС, 1978.
18. «Радиоактивті-ластанған су ағындарының әсеріне шалдыққан экожүйелерді зерттеу» кезеңі бойынша «Семей полигоны атом энергетикасы нысандарының қазіргі ахуалы және қызметінің қоршаған ортаға зардаптарын зерттеу» ҒТБ бойынша ҚР ҰЯО РҚЭИ ғылыми-зерттеу қызметі туралы есеп/ басш. С.Н.Лукашенко. - 2008.
19. Радиациялық қауіпсіздік нормалары (РҚН-99), СП 2.6.1. 758-99. Ресми басылым. - Алматы, 2000. – 80б.

МЕХАНИЗМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ТРИТИЕМ ВОЗДУШНОГО БАССЕЙНА В ПРЕДЕЛАХ ГОРНОГО МАССИВА "ДЕГЕЛЕН"

О. Н. Ляхова, С. Н. Лукашенко, Н. В. Ларионова

Вопрос тритиевого загрязнения занимает особое место в радиоактивном загрязнении природных сред. В данной работе проведена оценка уровня и характера распределения трития в атмосферном воздухе экосистем штолен с водопроявлением на примере штолен № 176 и № 177, расположенных на площадке ″Дегелен″. Представлен общий характер распределения трития в атмосфере относительно поверхностного водотока, загрязненного тритием. Изучены основные механизмы распределения трития в атмосферном воздухе изучаемых экосистем, а именно, ха-

рактер распределения трития в системах: вода – атмосфера, штольневый воздух – атмосфера, почвенная влага – атмосфера, растительность – атмосфера. Проведен аналитический расчет концентрации трития в атмосфере по концентрации трития в воде. Экспериментальным путем получены зависимости для проведения прогнозной оценки концентрации трития в воздухе от концентрации трития в одном из источников поступления – вода, штольневый воздух, почвенная влага, растительность. Представлен общий характер распределения трития в воздушной среде на территории площадки "Дегелен".

Ключевые слова: площадка Дегелен, тритий, атмосферный воздух, тритиевое загрязнение, характер распределения трития.

MECHANISMS FOR FORMATION OF AIR BASIN CONTAMINATION WITH TRITIUM WITHIN THE "DEGELEN" RIDGE

O. N. Lyakhova, S. N. Lukashenko, N. V. Larionova

The issue of tritium contamination occupies a special place in the radioactive contamination of the environment. In this paper we assess the level and distribution of tritium in the atmospheric air of ecosystems with water seepage at tunnels № 176 and № 177, located on "Degelen" site. There has been presented general nature of tritium distribution in the atmosphere relative to surface of a watercourse which has been contaminated with tritium. The basic mechanisms were studied for tritium distribution in the air of studied ecosystems, namely, the distribution of tritium in the systems: water – atmosphere, tunnel air - atmosphere, soil water - atmosphere, vegetation - atmosphere. An analytical calculation of tritium concentration in the atmosphere by the concentration of tritium in water has been performed. There has experimentally obtained the dependence for predictive assessment of tritium concentrations in air as a function of tritium concentration in one of the inlet sources such as water, tunnel air, soil water, vegetation. The paper also describes the general nature of tritium distribution in the air in the area "Degelen".

Keywords: Degelen site, tritium, atmospheric air, tritium contamination, tritium distribution.

УДК 577.391:577.4:504.74:636.32/.38:539.16

ССП ЖАҒДАЙЫНДА ЖАСАНДЫ РАДИОНУКЛИДТЕРДІҢ ҚОЙДЫҢ МҮШЕЛЕРІ МЕН ҰЛПАЛАРЫНА АУЫСУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІН ТӘЖІРИБЕЛІК ЗЕРТТЕУ

Ж. А. Байғазинов, А. В. Паницкий, С. Н. Лукашенко, И. Ю. Силачев, С. А. Келлер, С. С. Қаратаев, О. Р. Иванова

Бұл жұмыста жасанды радионуклидтердің әр түрлі түсу жағдайы мен мерзімі кезіндегі қойдың мүшелері мен ұлпаларына ауысуын зерттеу бойынша табиғи зерттеу нәтижелері ұсынылған. Т, ^{137}Cs, ^{90}Sr, $^{239+240}$Pu және ^{241}Am радионуклидтерінің қоршаған орта құраушыларымен: «Дегелең» таулы массивінің ауасы, суы және экожүйесі өсімдіктерімен түсуінің мөлшерлік бағасы берілген. Штольня суларымен түскен ^{137}Cs және ^{90}Sr биологиялық қолжетімділігі қойдың мүшелері мен ұлпалары үшін жемшөп өсімдіктеріне қарағанда жоғары. Жемшөппен түскен Т биологиялық қолжетімділігі сумен түскен Т қарағанда көп. Түсу мерзімі мен түріне қарамастан, ^{137}Cs , ^{90}Sr және Т мүшелер мен ұлпаларда таралуының нақты тәуелділігі бар, бұл олардың біреуі бойынша түрлі мүшелеріндегі радионуклидтердің құрамын бағалауға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: Семей сынақ полигоны (ССП), өту коэффициенті ($Ө_к$), қойлар, мүшелер мен ұлпалар, радионуклидтің биологиялық қол жетімділігі, тритий (Т), цезий–137 (^{137}Cs), стронций–90 (^{90}Sr), плутоний–239+240 ($^{239+240}$Pu), америций–241 (^{241}Am).

КІРІСПЕ

Семей сынақ полигонының (ССП) аумағындағы бақылаусыз жүріп жатқан ауыл шаруашылық қызметі маңызды деген мәселелердің бірі болып отыр, себебі радионуклидтердің трофикалық тізбек бойынша өтуі олардың адамдардың ағзаларына түсуіне байланысты. Бұл жерде айта кету шарт, радиациялық қауіпсіздік талаптарын қанағаттандыратын ауыл шаруашылығының өнімін алу үшін, жануарлардың ағзалары мен мүшелерінде техногенді радионуклидтердің түсуі және таралу заңдылығы жайлы білімдер басым мәнге ие, себебі аталған аймақ үшін мал шаруашылығы қызметтің негізгі түрі болып табылады.

Жануарлардың ағзасына ^{90}Sr өту ерекшелігі. Ауыл шаруашылығы [3, 4, 5] мен зертханалық [1, 2] жануарлардың ағзасында ^{90}Sr жиналу және таралу заңдылығы қазіргі уақытта жақсы зерттелген. Барлық авторлар, ^{90}Sr ағзаға қандай жолмен түссе де қаңқада жиналады және сүйектің құрылу процесі барысында калиймен бәсекелестік арақатынасқа түсетінін айтады.

^{90}Sr сіңірілуін түсіндіру үшін мембраналы гипотеза ұсынылды, ол мембраналардың саңылаулары арқылы диффузия мүмкіндігін және оның ЖКТ құрамынан қанға өтуін болжайды [6, 7]. Айта кету керек, ^{90}Sr сіңірілуі жануарлардың жасына байланысты, осымен қатар жас жануарларда сүйек ұлпасына ^{90}Sr (бұдан сүйек ұлп.) қосылуы үлкендеріне қарағанда тезірек өтеді. Ұрғашы мал мен еркек малдардың түрлі топтарында ^{90}Sr жинақталуының қомақты өзгерісі байқалған жоқ [8].

^{90}Sr сүйек ұлпасына қосылу жылдамдылығы бір қаңқаның әртүрлі бөліктерінде біркелкі емес. Алайда, толық қаңқаның белсенділігін есептеу үшін, толық алынған үш қабырғаның - бірінің талдамасымен немесе жауырынның талдамасымен шектелуге болады [9].

Кальцийдің (бұдан әрі - Са) және ^{90}Sr биологиялық тізбек бойымен өтуі барысында ^{90}Sr қатысты кальцийдің белгілі бір артықшылығы бар, ол дискриминация коэффициентімен көрсетіледі. Ағзадағы ^{90}Sr және Са алмасуы жалпы заңдылыққа бағынады, ал мәзірден қаңқаға өту барысында олардың арасындағы арақатынас сақталады, ол мәзірде Са қатысты ^{90}Sr дискриминациялауға белгілі бір өзгерту енгізумен орын алған [10, 11].

Кальцийдің қорғаушы әсері ^{90}Sr шөгіндісіне қарсы өте жақсы зерттелген [12, 13]. Сонымен қатар, ^{90}Sr шөгіндісіне қарсы қорғаушы әсері мәзірдің магниймен, фосформен және майлармен байытылу жолымен едәуір күшейтілуі мүмкін [14, 15]. Ағзадан ^{90}Sr шығаруды жылдамдату бойынша шаралар ағзаға изотоп түскеннен кейінгі уақытта тез арада жүргізілуі тиіс [16].

Жануарлардың ағзасына ^{137}Cs өту ерекшелігі. Қойлардың ағзасында ^{137}Cs метаболизмінің сипаты жайлы деректер жануарларды ^{137}Cs ерітінділерімен ауыз арқылы улаудың [17, 18] тәжірибелік жұмыстарында және ауқымды түсулерден кейін және де Чернобыль апатынан кейінгі түсулерден қойлардың ағзасына радионуклидтің өту ерекшелігін зерттеуде толық көрсетілген [19, 20, 21].

Cs радионуклидтері жеңіл сіңіріледі және сүтқоректілердің заттек алмасу процесіне енеді. Қойлардың ағзасында ^{137}Cs сіңірілуі жануарлардың жасына және мәзірде тұрақты изотоптардың арақатынасына және оның түсу формасына байланысты болады [22, 23, 24].

^{137}Cs қосылыстарының физика-химиялық қасиеті мынадай, ағзада ол көбіне бұлшық еттерде (бұдан әрі – бұлш.ет) орын алады, оның көлемі бойынша және басқа жұмсақ мүшелер бойымен біркелкі таралады [25, 26]. Бұлшық еттерді ақуыздарға, майларға, гликоген және суда ерігіш фракцияға бөлу тәжірибесінің негізінде ^{137}Cs біртіндеп биохимиялық құрылымдық элементтерге енеді, бұл шығарылу мерзімінің ұзаруына әсер етеді [27].

Айта кету керек, ^{137}Cs калийге әрдайым ілесіп жүреді деген тұрақты пікірдің қалыптасқанына қарамастан, бұл жұмыстың пікіріне қарама-қарсы келетін пікірлер де бар. Шахиджанян Л.Г. [28, 29] алған деректер, ^{137}Cs таралуы жайлы теорияны жоққа шығарады, бұл жалпы Cs элементіне гематоэнцефаликалық және плацентарлы тосқауылдардың болуымен түсіндіріледі. Бұл мәселе жайлы жүргізілген жұмыстардың одан кейінгі нәтижелері табылған жоқ.

Жануарлардың ағзасына Т өту ерекшелігі. Т, сутегі изотопы ретінде, жасушаның ішіндегі кез-келген молекуларда оны алмастыра алады. Тритийлік су жасушасына сегрегациясыз қарапайым диффузия жолымен түседі. Жасушалардың молекулары арасында Т таралуы оларда сутегінің құрамына тепе-тең.

Зертханалық жануарлардың ағзасына бірқабаттық және созылмалы түсуі барысында енгізілген Т қосылысы формасының (органикалық және органикалық емес) әсерін алмасу кинетикасына зерттеу [30, 31, 32]. Органикалық қосылыстарда Т едәуір қомақты мөлшерде тұрақтайтыны және органикалық қосындыларға қарағанда баяу шығарылатыны көрсетілген.

Т бірқабаттық және созылмалы түсуі барысында таралу сипаты енгізілетін қосындының формасымен анықталады [33]. Органикалық байланысқан Т (бұдан әрі – ОСТ) жартылай шығарылу кезеңі сүтпен Т алған торайларда (мегежіндер тритийлі сумен суғарылды) миға 59 тәул., бұлшық еттерге 28 тәул., бүйректерге, көкбауыр және

ұйқы безіне 22 тәул., бауыр мен ішектер 17 тәул. құрады [34]. Сонымен қатар, ДНҚ-нан Т жартылай шығарылудың биологиялық кезеңі 318 тәулікті құрады [35].

Сүтқоректілерде Т созылмалы пайдалану барысында ол жылдам сутегімен алмасуда тепе-теңдікке жетеді. Т енуі тоқтатылған жағдайда денедегі судың белсенділігіне қарағанда, ұлпалардың белсенділігі баяу төмендейді, сол себепті жаңа тепе-теңдік жағдайында ұлпалардың белсенділігі бұндай судан жоғары [36].

Ағзаға түскен ОСТ бөлігі, жасушалардың тритийлік суына өтеді, басқа бір бөлігі – протеиндер мен майлардың синтезіне өтеді. Протеиндер мен майлар сүтке және ұрықтың қалыптасып жатқан мүшелері мен ұлпаларына өтеді [37, 38].

Үй қояндарына жасалған тәжірибелерде [39], 2 жұма бойында тритийлі су мен жоңышқаны қабылдау барысында, жануарлардың бәрінде де ұлпалардың органикалық фракцияларында және судың тиесілі белсенділігі, биологиялық шоғырлануы жоқ азықтар мен суларда көрсетілгендей, бұл Т биологиялық шоғырлануы орын алмағанын көрсетеді.

ОСТ ағзада жинақталуы ағзаға түсу мерзімі мен физикалық факторлардың әсеріне байланысты. Ағзалар мен мүшелердегі ОСТ құрамы тритийлік суға қатысты 25 % дейін құрауы мүмкін [40].

Жануарлардың ағзасына $^{239+240}$Pu және ^{241}Am өту ерекшелігі. Қандағы Pu 90–95 % глобулинді немесе липопротеинді кешенді ақуыздармен біріккен және тек 15 % ультрафильтратқа өтеді [41]. Керісінше, Am^{3+} сарысулы ақуыздармен байланысы әлсіз, өзгеге ұқсамайтын және шамасы, полимерлі Pu, Am бауыр жасушаларын қармауда негізгі рөлге ие болады. Белгілі жайттың бірі, Pu ішектің сіңіру механизмі жануардың жасына байланысты болатыны, оған дәлел, үлкен жануарларда Pu сіңірілуі, жаңа туған төлге қарағанда 10 есе төмен болуы [42].

Ірі қара малдың бұлшық еттерінде ^{239}Pu, ^{241}Am жинақталуы $(1–4)\times10^{-4}$ % шегінде, қойларда – $(0,3\text{-}1,0)\times10^{-3}$ % және тауықтарда $(2\text{-}7)\times10^{-3}$ % күнделікті түсетін мөлшерден 1 кг бұлшық етке есептегендегі мәнде құбылады. Сиырлардың сүтіне Pu және Am элементтерінің өту коэффициенті жайлы деректер жоқтың қасы [43].

1986 және 1987 жж. табиғи жайылымдарда жасалған зерттеулер қойлардың ұлпасына Pu және Am изотоптарының өтуіне жасалды [44]. Тәжірибе барысында анықталғаны, асқазан-ішек құрылысында Pu 0,01 % және Am 0,005 %, жануарларға жемшөппен түсетін жалпы мөлшермен белгіленеді. Негізгі депо бауырмен қаңқа болып табылады. ^{239}Pu алдымен сүйектің беткі жағында орналасады, бірақ 1-6 айдан кейін сүйек заттегінің тереңдігіне өтеді де жасушаның ядросында байланысады [45].

Іштей Pu әсеріне ұшыраған жануарлар үшін өту коэффициенті (бұдан әрі - $Ө_к$) жамбас сүйегінде 4 есеге және басқа ұлпаларда, бұл ластанған жайылымда жасы үлкен жануарлардікімен салыстырғанда 2 есеге жоғары екені белгілі болды [46].

Ерігіш қосылғыштардың ингаляциясы барысында ^{239}Pu негізгі мүшелерді деполандыруда өкпе және қаңқа болып табылады [47]. Қаңқадағы ^{239}Pu бөліну шамасы 9–30 % аспайды, бауырларда - 4,1–7 % өкпедегі алғашқы түсуден ингаляциялық түскеннен кейінгі құрамы. Торайлардың зақымдалмаған терісі арқылы түскен лимонқышқылды плутоний 6 тәулік бойында теріге түсірілгеннен 0,347 % мөлшерінде, оның ішінде алғашқы тәулік ішінде 0,183 % сіңіріледі. Сәулелендіргіштің резорбирленген үлесінің таралуы тері үстінде жағылу барысында тамырдың ішіне жіберу арқылы таралуынан еш айырмашылығы жоқ. Екі жағдайда да 81 % көбі қаңқада тұрақтайды және бауырда 18,5 % тұрақтайды [48].

Өткізілген талдамалардан, аталған мәселені зерттеуге осы уақытқа дейін көп мөлшерде зерттеулер жасалды, негізгі нәтижелер АТЭХАГ деректер базасына енгізілді [49], бір бөлігі төмендегі кестеде берілген (1-кесте). Кестеден көрініп тұрғандай, Sr және Cs өтуі жақсы зерттелген, алайда өту коэффициенттерінің өзгергіштігі кең аралықта өтеді.

Плутоний мен америцийдің өтуін зерттеу бойынша жекелеген зерттеулер өткізілді, тритий бойынша деректер жоқ. Бұл деректер, бұндай зерттеулер бұрын жүргізілмеген, бұрынғы ССП жағдайында бұл мәселелердің зерттелу қажеттілігін және көкейтестілігін негіздейді.

1-Кесте

Қойлардың бұлшықет ұлпасына радионуклидтердің өту коэффициенттері

Радионуклид	min	max	Барлық жұмыс	Радионуклид	min	max	Барлық жұмыс
Sr	$3{,}0\times10^{-4}$	$4{,}0\times10^{-3}$	25	Pu	$2{,}0\times10^{-5}$	$8{,}5\times10^{-5}$	2
Cs	$5{,}3\times10^{-2}$	1,3	41	T	Деректер жоқ		
Am	$4{,}8\times10^{-4}$		1	–	–	–	–

1. ЗЕРТТЕУДІҢ ЖАЛПЫ ӘДІСНАМАСЫ

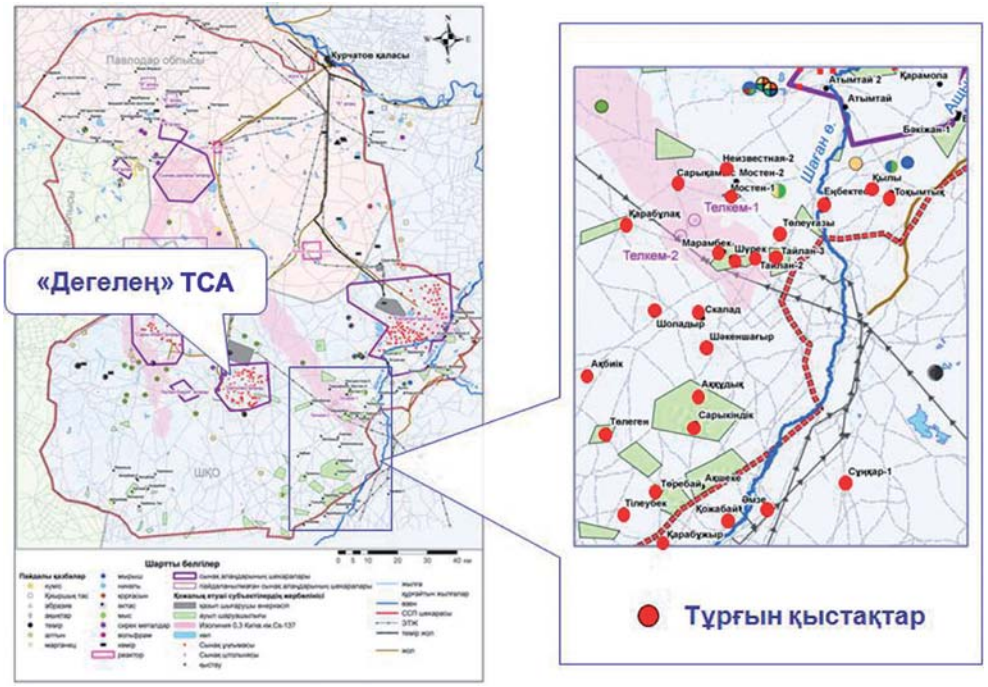
1.1. Зерттеулер өткізілетін жер

Зерттеулер «Дегелең» сынақ-тәжірибелік алаңында (бұдан әрі – ТСА) өткізілді, ол бұрынғы ССП оңтүстік-батыс бөлігінде орналасқан. Зерттеулер өткізу үшін су шыққан (№ 176 және № 177 шт.) штольняларда, қазандық қуысынан шығып жатқан топырақасты сулар орын алған штольнялар таңдап алынды [50], олар өз кезегінде қоршаған орта құрауыштарының топырақтың, судың, өсімдіктің және ауаның радиоактивті ластануын қалыптастырды. Су шыққан штольняларда ^{137}Cs, ^{90}Sr, $^{239+240}$Pu, ^{241}Am және Т радионуклидтерімен көбірек ластанған телімдер таңдап алынды.

1.2. Зерттеу нысандары

Зерттеу жасалатын жануарлар ретінде қазақтың құйрықты қылшықжүнді қой тұқымы («Еділбай») пайдаланылды. Барлық жануарлар клиникалық жай-күйі бойынша және экстерьерлі–конституционалды деректері бойынша ұқсас болып алынды.

Жерді және нысанды дайындауда негізге алынғаны, бұл аймақта негізгі ауыл шаруашылық түрі қой өсіру болып табылады және «Дегелең» ТСА жақын орналасқан шаруашылықтардың көбі, ССП аумағында мал шаруашылығымен айналысады [51] (1-сурет).



1-Сурет. ССП оңтүстік-батыс бөлігінде орналасқан тұрғын қыстақтар

1.3. Зерттеулерді жүргізу сұлбасы

Зерттеулер жүргізу барысында жануарлар түрлі жағдайда ұсталды:

- № 176 штольняның аумағындағы жеке бір телімдерде жаюдың түрлі жағдайларында түрлі мерзімдері барысында сумен және жайылымдық шөппен (бұдан әрі - жемшөппен) түсуі;
- № 177 штольняның аумағында шетен қорада ұстауда түрлі мерзім барысында жемшөппен түсуі;
- № 177 штольняның аумағында шетен қорада ұстауда түрлі мерзім барысында сумен түсуі.

1.3.1. Жайылымдық бағу

2007 ж. жануарларды № 176 шт. маңайындағы радиациялық-ластанған аумағында, 20, 30, 60, 70, 130 және 150 тәулік ішінде (Б.1. тобы) жаю жұмыстары жүргізілді. Әрбір мерзім ішінде бір жануардан бағылды. Жануарларды бағуға таңдап алынған аумақ көлемі 20×20 м болатын сегіз телімге бөлінді, оның орта бөлігінде ені ~0,5 м болатын № 176 штольняның ағын суы өтеді. Телімдер алдын ала өткізілген геоботаникалық суреттеу және дозиметриялық өлшеулерден кейін (β-сәуле шығару ағымының тығыздығы, топырақтың беткі қабатындағы және 1 м биіктіктегі γ-сәуле шығарудың эквивалентті дозасының қуаты) белгіленді. Жануарларды жаю сағ. 7.00 -ден 21.00-ге дейінгі аралықта штольня суына шектеусіз жіберумен жүргізілді.

1.3.2. Шетен қорада ұстау

2008 ж. зерттеулер № 177 шт. аумағында шетен қорада ұстау түрінде жүргізілді. Жануарлар толық жайылуды қамтамасыз етуге арналған жайылатын аумағы бар (10×10 м) ашық қорада орналастырылды (4×4 м). Жануарлар штольня суымен және ластанған жемшөппен ағзаға радионуклидтің түсу шарты бойынша екі топқа бөлінді. Бірінші топты (Б.2. тобы) радиоактивті-ластанған жемшөппен азықтандырды және «таза» сумен суарды; екінші топтың жануарларын (Б.3. тобы) «таза» жемшөппен азықтандырды (далалық аралас шөп) және радиоактивті-ластанған сумен суғарды. Екі топтың тәжірибе жасау мерзімі - 7, 14, 28, 56, 112 тәулік. Азықтандыру үшін ластанған аумақтың жайылымдық шөптері пайдаланылды. Суғару үшін радиоактивті-ластанған су порталдың алдындағы ағын судан алынды.

Жануарларға тәжірибелік жұмыстар жүргізу барысында, топтар-кезеңі және жұптар-ұқсастар принципі бойынша негізделген ғылыми тәжірибелердің мөлшермен жасалған сұлбасы қолданылды [52]. Жануарлардың жалпы физикалық жай-күйін бағалау үшін олар күнделікті клиникалық байқаудан өткізіліп отырды. Жемшөптің шоғырландырылған және басқа түрлерімен азықтандыру жасалған жоқ.

Тәжірибелерді жүргізу сұлбаларына сәйкес, бақылаудағы екі және тәжірибедегі он алты жануарлар сойылды және мүшелерінің сынамалары (жүрек, бауыр, өкпе, бүйрек, ұрық безі, көкбауыр), қандары, сонымен қатар бұлшықет және сүйек ұлпасы алынды.

2. НӘТИЖЕЛЕР ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ТАЛҚЫЛАУ

2.1. Радиоактивті ластанған телімдердегі жануарлардың ағзасына радионуклидтердің түсу сипатын зерттеу

2.1.1. № 176 штольняның аумағында жайылатын жануарлардың мәзіріндегі радионуклидтердің құрамын бағалау

2.1.1.1. Жайылатын телімнен іріктеп алынған өсімдіктердегі радионуклидтердің құрамын бағалау.

Әрбір жайылатын телімнен алынған жемшөптегі радионуклидтердің құрамын бағалау үшін өсімдіктердің аралас сынамаларын (үшқатар қайталай отыра) іріктеп алу жұмыстары жүргізілді. Әрбір аралас сынама 25 нүктелік сынамадан тұрды (2-сурет). Әрбір телімге бір кг жемшөпке радионуклидтердің орташа құрамының мәні есептелді (2-кесте).

2-Сурет. Жайылым теліндегі өсімдіктердің ортақтастырылған сынамаларын іріктеп алу сұлбасы (орталық нүкте – жануар байланған жер)

2-Кесте

Жайылымға іріктеп алынған телімдеріндегі өсімдіктердің аралас сынамаларындағы радионуклидтердің құрамының орташа мәні

Телімнің №	Тиесілі белсенділік, Бк/кг	
	^{137}Cs	^{90}Sr
1	$9{,}5\times10^{4}$	$6{,}3\times10^{4}$
2	$6{,}1\times10^{4}$	$6{,}7\times10^{4}$
3	$2{,}2\times10^{4}$	$9{,}1\times10^{4}$
4	$4{,}2\times10^{4}$	$8{,}7\times10^{4}$
5	$2{,}0\times10^{4}$	$2{,}6\times10^{4}$
6	$1{,}9\times10^{4}$	$1{,}2\times10^{4}$
7	$2{,}2\times10^{4}$	$1{,}4\times10^{4}$
8	$6{,}6\times10^{3}$	$1{,}5\times10^{4}$
ДУ [53]	$7{,}4\times10^{1}$	$1{,}1\times10^{2}$
Ескерту: орташа статистикалық мәннің қатесі 30% аспайды		

Берілген кестеде көрініп тұрғандай, жайылымдық телімдерден іріктеп алынған өсімдіктердегі радионуклидтердің құрамы біркелкі емес.

2.1.1.2 Штольня суындағы радионуклидтердің құрамын бағалау

Жануарларды суғаруға арналған сулардағы радионуклидтердің құрамын бағалау үшін, тәжірибе бойында су сынамалары алынды. Тұрақты алынып отырған су сынамаларында ^{137}Cs құрамы 72 Бк/кг-дан аспайды. Тек бір-ақ рет оның мәні 175 Бк/кг-ны

құрады. ^{90}Sr құрамы 105–189 Бк/кг шегінде өзгереді. Т тиесілі белсенділігінің мәні бір қатардың шегінде жатыр және 1×10^5– $4{,}5\times10^5$ Бк/кг шегінде құбылады. Тәжірибедегі жануарларды суғаруға арналған судың ластану деңгейі, РҚН-99 белгілеген, ауыз суға арналған араласу деңгейінен (АД) едәуір жоғары [54] және келесілерді құрайды: ^{137}Cs үшін – 11 Бк/кг, ^{90}Sr үшін – 5 Бк/кг, Т – 7,7 кБк/кг-ны құрайды.

2.1.1.3. Жануарлар бағылатын жерлерден іріктеп алынған ауадағы радионуклидтердің құрамын бағалау

№ 176 штольняның ауданында бұдан бұрын өткізілген зерттеулерден [55], ауадағы ^{137}Cs және ^{90}Sr құрамы болмашы. ^{137}Cs және ^{90}Sr орташа құрамы <0,01 Бк/м^3 және <0,002 Бк/м^3 құрайды.

Тәжірибе тобындағы жануарлардың ағзасына ауамен Т енуін бақылау үшін жануарлар жайылатын жердің және ашық қорада орналасқан аймақтың атмосфералық ауасындағы буларын сынау жұмыстары жүргізілді. Зерттеудегі жануарлардың өкпесінің желдетілуі 12–13 л/мин [56] тең болғандықтан, тәжірибелі топтағы жануарлардың ағзасына барлық кезең бойындағы Т түсуіне есептеу жасалды. Есептеу барысында жануарлар орташа алғанда тәулігіне 15 сағ. жайылымда жайылды және 9 сағ. ашық қорада жайылды. Атмосфералық ауадағы Т орташа мәні жануарлар жайылған ауданның және ашық қораның ауасында 390 (24 өлшеу) және 110 (12 өлшеу) Бк/м^3 құрады.

2.1.1.4. № 176 штольняның аумағында жайылатын жануарлардың ағзасына радионуклидтердің орташа түсуін бағалау

Тәжірибедегі әрбір жануар тәулігіне орташа 1,0±0,2 л су ішіп отырды. Ауыл шаруашылығын азықтандырудың нормасына сәйкес [57], аталған жастағы және салмақтағы жануарлар орташа алғанда 1,5±0,3 кг құрғақ жемшөптен жейді. Әрбір жануарлардың ағзасына сумен және жемшөппен бірге радионуклидтердің түсуіне есептеу жүргізілді, ол кезең бойына және тәуліктік түсудің орташа шоғырлануы есептелді. Жайылымдарда бағылатын жануарлардағы, топырақтың ластанған бөлігіндегі құрамынан ағзаға түсетін радионуклидтердің үлесі ескерілген жоқ деп айту қажет. Тәуліктік түсуді анықтау нәтижелері төмендегі кестеде келтірілген (3-кесте). Зерттеулердің нәтижелерінен, зерттеліп жатқан жануарлардың ағзасына ^{137}Cs және ^{90}Sr түсуіндегі негізгі рөлді жемшөп атқарады. Т түсуіне негізгі рөлді су атқарады.

3-Кесте

Штольнялық суға жетуі шектеулі № 176 шт. маңайындағы радиоактивті-ластанған аумағында бағылатын жануарлардың ағзасына радионуклидтердің орташа тәуліктік түсуі

Жануардың коды	Күндердің саны, тәулік	^{90}Sr, Бк			^{137}Cs, Бк			Т, Бк			
		жемшөппен	сумен	барлығы	жемшөппен	сумен	барлығы	жемшөппен	сумен	ауамен	барлығы
Б.1.1.	20	$2{,}4\times10^4$	$1{,}5\times10^2$	$2{,}4\times10^4$	$3{,}2\times10^4$	$4{,}9\times10^1$	$3{,}2\times10^4$	$2{,}1\times10^5$	$3{,}4\times10^5$	$5{,}3\times10^3$	$5{,}6\times10^5$
Б.1.2.	31	$4{,}7\times10^4$	$1{,}5\times10^2$	$4{,}7\times10^4$	$1{,}3\times10^5$	$4{,}9\times10^1$	$1{,}3\times10^5$	$2{,}1\times10^5$	$3{,}4\times10^5$	$5{,}3\times10^3$	$5{,}6\times10^5$
Б.1.3.	62	$5{,}7\times10^4$	$1{,}5\times10^2$	$5{,}7\times10^4$	$1{,}8\times10^5$	$4{,}9\times10^1$	$1{,}8\times10^5$	$2{,}1\times10^5$	$3{,}4\times10^5$	$5{,}3\times10^3$	$5{,}6\times10^5$

Жануардың коды	Күндердің саны, тәулік	^{90}Sr, Бк			^{137}Cs, Бк			Т, Бк			
		жемшөппен	сумен	барлығы	жемшөппен	сумен	барлығы	жемшөппен	сумен	ауамен	барлығы
Б.1.4.	68	$6{,}8\times10^{4}$	$1{,}5\times10^{2}$	$6{,}8\times10^{4}$	$1{,}1\times10^{5}$	$4{,}9\times10^{1}$	$1{,}1\times10^{5}$	$2{,}1\times10^{5}$	$3{,}4\times10^{5}$	$5{,}3\times10^{3}$	$5{,}6\times10^{5}$
Б.1.5.	130	$5{,}5\times10^{4}$	$1{,}5\times10^{2}$	$5{,}5\times10^{4}$	$6{,}9\times10^{4}$	$4{,}9\times10^{1}$	$6{,}9\times10^{4}$	$2{,}1\times10^{5}$	$3{,}4\times10^{5}$	$5{,}3\times10^{3}$	$5{,}6\times10^{5}$
Б.1.6.	151	$1{,}1\times10^{5}$	$1{,}5\times10^{2}$	$1{,}1\times10^{5}$	$1{,}1\times10^{5}$	$4{,}9\times10^{1}$	$1{,}1\times10^{5}$	$2{,}1\times10^{5}$	$3{,}4\times10^{5}$	$5{,}3\times10^{3}$	$5{,}6\times10^{5}$

Қойлардың ағзасына ауамен, сумен және жемшөппен радионуклидтердің тәуліктік түсуі төмендегі суретте көрсетілген (3-сурет).

3-Сурет. Ауамен, сумен және шөппен ^{137}Cs, ^{90}Sr және Т тәуліктік түсуінің үлесі

2.1.2. №177 штольнясы аумағында бағылатын жануарлардың жемшөбі мен суындағы радионуклидтердің құрамын бағалау

2.1.2.1. Өсімдік жамылғысындағы радионуклидтердің құрамын бағалау

Өсімдік жамылғысындағы радионуклидтердің шоғырлануын бағалау үшін әрбір жұма сайын күнделікті радиоактивті-ластанған жемшөптің тәуліктік массасынан өсімдіктің 300 г алынды, олардан радионуклидті талдамалар жасау үшін массасы 2,1 кг (300 г×7 күн) болатын өсімдік сынамасы қалыптастырылды. Қорытындысында, тәжірибенің әрбір апталық кезеңіне өсімдік жемшөбіндегі радионуклидтердің құрамы бойынша нәтижелер алынды. Өсімдік жамылғысындағы ^{137}Cs шоғырлану мәні тәжірибенің барлық кезеңі бойында <11–305 Бк/кг шегінде өзгерді, тек соңғы жұмада мәндер $5{,}8\times10^{3}$ Бк/кг-ға жетті, ^{90}Sr мәні $4{,}8\times10^{4}$–$1{,}1\times10^{5}$ Бк/кг шегінде, Т мәні $1{,}3\times10^{5}$–$2{,}6\times10^{5}$ Бк/л шегінде, $^{239+240}$Pu мәні 1,2–47 Бк/кг шегінде, ^{241}Am мәні <1,2–25 Бк/кг шегінде өзгерді.

2.1.2.2. Жануарлардың ағзасына өсімдік жемшөбімен радионуклидтердің түсуін бағалау

Күн сайын, тәжірибе барысында, Б2 тобының тәжірибедегі жануарының әрбірі жейтін, радионуклидтермен ластанған өсімдік жемшөбінің мөлшері белгіленіп отырды. Осы деректердің негізінде және өсімдік жемшөбіндегі радионуклидтердің шоғырлануы жайлы деректердің негізінде, аталған топтың тәжірибедегі әрбір жануардың ағзасына өсімдік жемшөбімен түсетін радионуклидтердің орташа тәуліктік түсуін есептеу жүргізілді. Есептеу судағы радионуклидтердің құрамының қарқынын есепке ала отырып жүргізілді.

Өсімдік жемшөбімен радионуклидтердің орташа түсуіне есептеу жүргізу топтағы тәжірибелік жануарлардың ағзасына түсуі төмендегі кестеде келтірілген (4-кесте).

4-Кесте

Б.2 тобының тәжірибедегі жануарлардың ағзасына өсімдік жемшөбі арқылы радионуклидтердің орташа тәуліктік түсуі

Жануардың коды	Күндердің, тәуліктің мөлшері	Орташа тәуліктік түсуі, Бк				
		^{137}Cs	^{90}Sr	T	$^{239+240}$Pu	^{241}Am
Б.2.1.	7	$3,7\times10^{2}$	$7,8\times10^{4}$	$1,9\times10^{5}$	$4,7\times10^{1}$	$1,2\times10^{1}$
Б.2.2.	14	$3,0\times10^{2}$	$1,0\times10^{5}$	$2,3\times10^{5}$	7,8	$1,4\times10^{1}$
Б.2.3.	28	$1,0\times10^{2}$	$1,2\times10^{5}$	$3,1\times10^{5}$	9,7	$2,0\times10^{1}$
Б.2.4.	56	$4,2\times10^{2}$	$2,0\times10^{5}$	$4,4\times10^{5}$	5,8	$2,8\times10^{1}$
Б.2.5.	112	$1,6\times10^{3}$	$1,7\times10^{5}$	$3,7\times10^{5}$	$1,1\times10^{1}$	$2,4\times10^{1}$

2.1.2.3. Суғарылатын судағы радионуклидтердің құрамын бағалау

Суғарылатын судағы радионуклидтердің шоғырлануын бағалау үшін күн сайын су сынамалары алынды. Суғарылатын судағы ^{137}Cs шоғырлану мәні тәжірибенің бойында өзгеру шегі <0,18–28 Бк/л, ^{90}Sr –$3,7\times10^{2}$–$4,3\times10^{3}$ Бк/л шегінде, Т – 300×10^{3} –310×10^{3} Бк/л шегінде, $^{239+240}$Pu – <0,06–4,3 Бк/л шегінде, ^{241}Am – <0,06–1,2 Бк/л-ге дейінгі шекте өзгерді.

2.1.2.4. Сумен бірге жануарлардың ағзасына радионуклидтердің түсуін бағалау

Тәжірибе барысында күн сайын, Б.3. тобының тәжірибедегі жануары ішетін судың мөлшері белгіленіп отырды. Осы деректердің негізінде және суғаруға арналған, судағы радионуклидтердің шоғырлануы жайлы деректердің негізінде аталған топтың тәжірибедегі жануарының әрбірінің ағзасына радионуклидтердің орташа тәуліктік түсуіне есептеу жасалды. Есептеу судағы радионуклидтің қарқынын есепке ала отырып жасалды. Топтың тәжірибедегі жануарының ағзасына сумен бірге радионуклидтердің орташа тәуліктік түсуін есептеу нәтижелері төмендегі кестеде келтірілген (5-кесте).

5-Кесте

Б.3 тобының тәжірибедегі жануарлардың ағзасына сумен бірге радионуклидтердің орташа тәуліктік түсуі

Жануардың коды	Күндердің, тәуліктің мөлшері	Орташа тәуліктік түсуі, Бк				
		^{137}Cs	^{90}Sr	T	$^{239+240}$Pu	^{241}Am
Б.3.1.	7	$1,1\times10^{2}$	$3,2\times10^{3}$	$1,2\times10^{6}$	$1,7\times10^{1}$	4,8
Б.3.2.	14	$9,9\times10^{1}$	$4,2\times10^{3}$	$1,6\times10^{6}$	$1,0\times10^{1}$	8,3
Б.3.3.	28	6,5	$7,5\times10^{3}$	$1,4\times10^{6}$	$6,9\times10^{-1}$	4,4
Б.3.4.	56	3,6	$5,5\times10^{3}$	$1,2\times10^{6}$	$5,4\times10^{-1}$	2,4
Б.3.5.	112	$2,3\times10^{1}$	$5,1\times10^{3}$	$1,3\times10^{6}$	3,0	2,6

2.2. Қойлардың мүшелері мен ұлпаларына жасанды радионуклидтердің өту және таралу заңдылықтарын зерттеу

Зерттеулерді өткізу сұлбасына сәйкес жануарлар тәжірибеден алынған соң және 12 сағат бойы жемшөпсіз және сусыз тұрғаннан соң қансыз әдіспен сойылды (барлығы 18 бас қой).

^{90}Sr, ^{137}Cs, T, $^{239+240}Pu$, ^{241}Am радионуклидтерінің құрамын іріктеп алған биологиялық сынамаларда бағалау үшін мүшелер мен ұлпалардың тиесілі (Бк/кг) және абсолютті (Бк) белсенділігі анықталды. Абсолюттік белсенділік тиесілі белсенділік пен органдар мен ұлпалардың массаларының негізінде анықталды. Бұлшықет және сүйек ұлпаларының массасын анықтау кезінде сою барысында 45 % есептеуден шықты. Таза етті 60 %, сүйек ұлпасы 30 % союдың таза шығуына байланысты болды [58].

Сыртқы ортадан мал шаруашылығы өніміне радионуклидтерден өту деңгейінің параметрі ретінде өту коэффициенті $Ө_к$ қолданылды, ол АТЭХАГ бойынша жануардың ағзасына бір күн ішінде түскен радионуклидтің жиынтық санына мүшенің немесе ұлпаның (Бк/кг) тиесілі белсенділігіне арақатынасы (Бк/тәул):

$$Ө_к = \frac{A_п}{A_р}, \text{ бұл жерде} \qquad (2)$$

$A_п$ – радионуклидтің мүшелер немесе ұлпада шоғырлануы, (Бк/кг);

$A_р$ – радионуклидтің тәуліктік түсуінің жиынтық мөлшері, Бк/тәул.

2.2.1. Қойлардың ағзасына ^{90}Sr өту ерекшелігін зерттеу

2.2.1.1. Тәжірибедегі жануарлардың ағзасындағы ^{90}Sr құрамы

Кестеде Б.1. тобының мүшелері мен ұлпаларында ^{90}Sr тиесілі белсенділігі (6-Кесте), ағзасында ^{90}Sr жемшөппен және сумен түсетін тиесілі белсенділігі төмендегі кестеде келтірілді. Б.2. және Б.3. тобындағы қойлардың мүшелері мен ұлпаларында ^{90}Sr тиесілі белсенділігі, сумен және жемшөппен ағзаға түскен ^{90}Sr тиесілі белсенділігі төмендегі кестеде келтірілген (7-кесте, 8-кесте).

6-Кесте

Радиоактивті-ластанған телімдерде түрлі уақытта жаю барысындағы қойлардың мүшелері мен ұлпаларындағы ^{90}Sr тиесілі белсенділігі, Бк/кг

Мүшелер мен ұлпалар	Жануарларды баққан күндердің саны, тәулігіне					
	20	31	62	68	130	151
	Сумен және жемшөппен орташа тәуліктік түсуі, Бк/кг					
	$2,4\times10^4$	$4,7\times10^4$	$5,7\times10^4$	$6,8\times10^4$	$5,5\times10^4$	$1,1\times10^5$
	Тиесілі белсенділік, Бк/кг					
Жүрек	4,9±2,1	19±2,2	22,1±3,5	32,2±1,9	22,6±2,4	20,1±4,1
Бүйрек	10,6±1,7	31,4±2,8	47,7±8,2	18,5±2,1	24,8±23	30,2±2,9
Өкпе	11,3±1,6	59,9±4,3	28,7±6,3	31,3±2,3	37,8±2,8	29,3±3,6
Бауыр	5,8±1,4	20,3±4,7	13,9±3,7	16,1±2,2	18,6±2,7	15,7±1,8
Бұлшықет	6,0±1,7	11,1±1,7	14±5,3	16,9±2,9	11,4±1,8	22,4±4,1
Сүйек ұлп.	2000±87	11900±63	16100±57	35600±84	18100±58	51400±303
Жүн	915 ± 18	284 ± 13	–	294 ± 8	–	488 ± 12

7-Кесте

Жемшөппен бірге түрлі мерзімде түсу барысында қойлардың мүшелері мен ұлпасындағы ^{90}Sr тиесілі белсенділігі, Бк/кг

Мүшелер мен ұлпалар	Жануарларды баққан күндердің саны, тәулігіне				
	7	14	28	56	112
	Сумен және жемшөппен орташа тәуліктік түсуі, Бк/кг				
	$7{,}8\times10^4$	$9{,}9\times10^4$	$1{,}2\times10^5$	$2{,}0\times10^5$	$1{,}7\times10^5$
	Тиесілі белсенділік, Бк/кг				
Жүрек	12,0 ± 3,3	17,2 ± 3,5	33,6 ± 2,9	75,1±2,4	29,7±2,3
Бүйрек	30,6 ± 2,7	24,7 ± 3,8	66,1 ± 3,2	140,6±3,0	59,9±3,6
Өкпе	22,4 ± 2,5	31,9 ± 3,3	118,9 ± 4,1	160,6±3,5	52,0±2,6
Бауыр	13,0 ± 2,4	8,2 ± 4,0	44,6 ± 3,0	72,8±2,4	32,3±2,8
Бұлшықет ұлп.	7,9 ± 0,1	10,9 ± 0,2	32,7 ± 0,5	47,2±2,8	29,4±2,2
Сүйек ұлп.	2200 ± 52	4600 ± 79	3600 ± 72	19300±149	18300±160
Ұрық безі	21,8 ± 3,0	27,7 ± 3,3	54,7 ± 3,2	233,5±4,0	48,8±4,1
Көкбауыр	12,7 ± 2,7	25,2 ± 3,9	39,7 ± 3,8	82,2±2,1	25,9±2,3
Жүн	193 ± 7	81,9 ± 5,8	691 ± 16	2520 ± 21	852 ± 13

8-Кесте

Жемшөппен бірге түрлі мерзімде түсу барысында қойлардың мүшелері мен ұлпасындағы ^{90}Sr тиесілі белсенділігі, Бк/кг

Мүшелер мен ұлпалар	Жануарларды баққан күндердің саны, тәулігіне				
	7	14	28	56	112
	Сумен орташа тәуліктік түсуі, Бк/кг				
	$3{,}2\times10^3$	$4{,}2\times10^3$	$7{,}5\times10^3$	$5{,}5\times10^3$	$5{,}1\times10^3$
	Тиесілі белсенділік, Бк/кг				
Жүрек	< 5,7	< 5,0	< 3,0	5,4±1,5	14,8±3,6
Бүйрек	< 3,7	< 4,3	6,7 ± 1,8	9,6±2,6	19,1±3,0
Өкпе	< 5,0	< 5,0	8,5 ± 1,5	7,0±2,1	18,1±1,9
Бауыр	< 3,8	< 4,6	3,3 ± 1,7	<3,4	6,8±1,9
Бұлшықет ұлп.	1,5 ± 0,1	2,1 ± 0,1	< 2,4	<3,9	<5,8
Сүйек ұлп.	600 ± 55	700 ± 42	1300 ± 47	2200±100	7900±94
Ұрық безі	< 4,8	< 5,0	13,0 ± 3,8	8,2±1,4	10,8±1,9
Көкбауыр	< 5,3	< 6,7	5,1 ± 2,1	10,2±2,0	22,9±3,9
Жүн	162 ± 7	91,4 ± 6,4	192 ± 7	584 ± 19	928 ± 19

2.2.1.2. Қойлардың ағзасындағы ^{90}Sr таралуы

Зерттеулердің нәтижелерінен күтілгендей, ^{90}Sr негізгі шоғырлануылары сүйек ұлпасында табылды. Айта кету қажет, ^{90}Sr үшін жүн де, сүйек ұлпасы да негізгі депо болып табылады. Сүйек ұлпасының басқа да мүшелердің белсенділігі 2-3 есе төмен.

Зерттеулердің нәтижелерінің талдамасынан, ^{90}Sr тиесілі белсенділігінің жұмсақ мүшелерде таралуы аз байқалған заңдылықты көрсететіне көз жеткізеді. Жоғары шоғырлану өкпеде орын алған, одан әрі келесі қатар бойынша азаяды бүйрек ≥ ұрық безі ≥ бауыр ≥ көкбауыр ≥ жүрек ≥ бұлшық ет ұлпасы. Осыған ұқсас мүшелер мен ұлпаларда ^{90}Sr тиесілі белсенділігінің таралу сұлбасы тәжірибедегі жануарлардың көбінде кездеседі және радионуклидтің түсу мерзіміне де, түріне де байланысты емес.

ССП радиоактивті-ластанған аумақтарда ұзақ мерзімде бағу барысында қойлардың мүшелерінде (өкпе, бауыр, бүйрек, жүрек, ұрық безі, көкбауыр) олардың салмағы мен барлық бұлшықет ұлпасының салмағын есепке ала отырып, тәулік бойында түскен ^{90}Sr жалпы мөлшерінен ~0,004% кем емес деңгейде тұрақтайды.

Мүшелерде ^{90}Sr таралуына қатысты жүндегі тиесілі белсенділік, түсудің түріне және уақытына қарамастан жүннің тиесілі белсенділігіне қатысты, белгілі байланыстылыққа ие, бұл ^{90}Sr құрамының «жұмсақ» мүшелердегі жүннің ұлпасындағы тиесілі белсенділігіне қатысты құрамын болжауға мүмкіндік береді. Мүшелердегі және жүннің ұлпасындағы ^{90}Sr қатыстық шоғырлануы төмендегі кестеде келтірілген (9-кесте) (жүннің тиесілі белсенділігі бірлік түрінде қабылданған). Қойлардың сүйек және жүн ұлпалары арасында таралу байланыстылығы орын алған. Алайда, бұл сүйек ұлпасы мен жүннің ^{90}Sr құрамы арасындағы дәлірек арақатынас жайлы айту әлі қиынырақ. Сүйек ұлпасында ^{90}Sr құрамы, жүндегімен салыстырғанда 5 кейде тіпті 70 есеге жоғары болуы мүмкін.

Мүшелердегі ^{90}Sr құрамына ұқсас баға беру басқа мүшелер бойынша да жасауға болады (мысалы, бауыр бойынша). Егер, бауырдың тиесілі белсенділігін бірлік ретінде қабылдасақ, онда ^{90}Sr орташа шоғырлануға қатыстылығы қойлардың жүректе, бүйректе, өкпеде, бұлшықеттерде, ұрық безінде және көкбауырында 1,3±0,13; 2,1±0,14; 2,2±0,10; 0,9±0,07; 2,4±0,37; 1,7±0,33 мәніне ие болады. Сүйек ұлпасымен және бауыр арасындағы ^{90}Sr таралуы белсенділігі жоқ.

9-Кесте

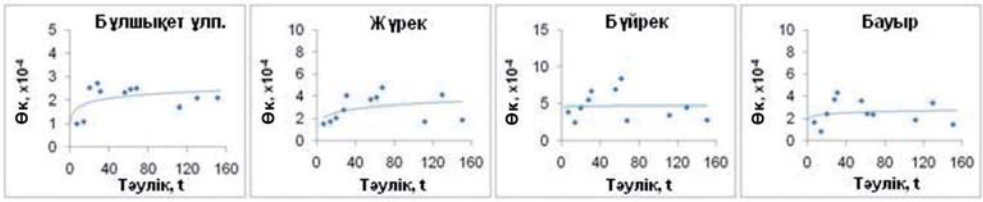
Жүндегі ^{90}Sr тиесілі белсенділігінің мүшелердегі ^{90}Sr тиесілі белсенділігіне арақатынасы

Мүшелер мен ұлпалар	Орташа	min	Max	Мәндер саны
Жүрек	0,05	0,01	0,21	11
Бүйрек	0,05	0,02	0,10	10
Өкпе	0,07	0,01	0,17	11
Бауыр	0,04	0,01	0,07	10
бұлшықеттер	0,03	0,01	0,05	10
Ұрық безі	0,06	0,01	0,11	7
Көкбауыр	0,04	0,02	0,07	7
Сүйек ұлп.	21	4	73	13

2.2.1.3. Түсу мерзімі мен шарты түрлі болған жағдайдағы ^{90}Sr өту ерекшелігі

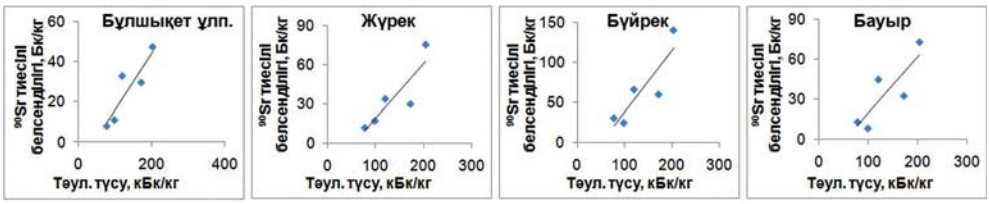
Төмендегі суретте (4-сурет) «Дегелең» ТСА телімдеріндегі түрлі өсімдіктермен азықтандырылған Б.1. және Б.2. тобындағы қойлардың бұлшықет ұлпасына ^{90}Sr өту коэффициенті келтірілген. Кестеде көрініп тұрғандай, түскен уақыттан бастап тепе-

теңдік күйіне жетеді, жинақталу процесі жоқ, $Ө_к$ болмашы ғана. Осыған ұқсас қарқын өкпе, көкбауыр және ұрық безі үшін де белгіленген.



4-Сурет. Қойлардың мүшелері мен ұлпаларына ^{90}Sr өту қарқыны (Б.1. және Б.2. топтары)

Жануардың «жұмсақ» мүшелеріне ^{90}Sr $Ө_к$ өзгеру қарқынын біз анықтамасақ та, 7-ші тәулік ішінде олардағы тепе-теңдік жай-күй белгіленеді, олардың орташа тәуліктік түсуінен мүшелердегі құрамына тура байланыстылығы байқалды (5-сурет).



5-Сурет. Ластанған жемшөппен тәуліктік түсуіне мүшелердегі ^{90}Sr тиесілі белсенділігінің байланыстылығы (Б.2.тобы)

Зерттеулердің негізгі деген мәселерінің бірі болып, түрлі радиоактивті-ластанған телімдерден өсімдік жемшөбі арқылы түсуіне байланысты Б.1. және Б.2. тобындағы жануарлардың мүшелері мен ұлпаларына радионуклидтердің өту түрінің мүмкіндігі анықталды (№ 176 шт. аумағы және № 177 шт.). Б.1. тобындағы жануардың мәзірінде ластанған судан басқа, ластанған су болса да, аталған фактор қомақты үлесін қосқан жоқ, себебі мәзірдегі ластанған судың үлесі орташа тәуліктік түсудің 0,1 % кем емес мөлшерін құрады. Бұл алынған мәндердің Б.1. және Б.2. тобындағы қойлардың мүшелер мен ұлпаларына ^{90}Sr өту мәнімен салыстыруға мүмкіндік береді.

Аталған деректердің нәтижелерінен, түрлі штольнялардың жанында бағылған жануарлардың мүшелер мен ұлпаларына ^{90}Sr өтуінде ешқандай айырмашылық жоқ, $Ө_к$ мәні – тепе-тең күйінде біркелкі немесе ортақ орташа мәнге жақын. Қойлардың мүшесіндегі ^{90}Sr $Ө_к$ мәнімен салыстыру түрлі радиоактивті-ластанған телімдердегі көрсеткіші төмендегі кестеде келтірілген (10-кесте).

10-Кесте

Түрлі телімдерден жемшөп арқылы түсу барысындағы қойлардың мүшелер мен ұлпаларындағы ^{90}Sr $Ө_к$ орташа мәні

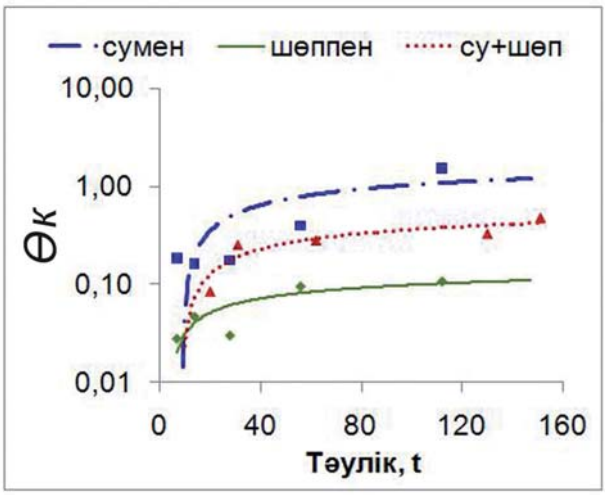
Мүшелер мен ұлпалар	Тепе-тең қалыптағы $Ө_к$ орташа мәні, $\times10^{-4}$		Орташа
	Жемшөппен және сумен түсу барысында (Б.1. тобы)	Жемшөппен түсу барысында (Б.2. тобы)	
Жүрек	3,5	2,3	2,9
Бүйрек	4,9	4,4	4,7
Өкпе	6,1	5,4	5,8
Бауыр	2,7	2,3	2,5
Бұлшықет ұлп.	2,3	1,8	2,1
Ұрық безі	–	4,9	4,9
Көкбауыр	–	2,6	2,6
Ескерту: орташа статистикалық мәннің қатесі 30% аспайды			

Қойлардың мүшелері мен ұлпаларында ^{90}Sr таралуы сумен және жемшөппен 112 тәуліктен кейінгі түсуі төмендегі кестеде келтірілген (11-кесте). Б.2. тобындағы жануарларға арналған «жұмсақ» мүшелер үшін ^{90}Sr тиесілі белсенділігінің сомасы ~ 0,16 % құрайды, ал Б.3. жануарларының тобы үшін ~1,8 % құрайды. Бұдан көрініп тұрғандай, ^{90}Sr сумен қомақты түрде өтеді.

11- Кесте

Тәуліктік түсуден пайызбен көрсетілгендей, сумен және жемшөппен 112 тәуліктен кейін түскен соң қойлардың мүшелер мен ұлпаларында ^{90}Sr таралуы

Мүшелер мен ұлпалар	Мүшелер мен ұлпалардағы ^{90}Sr мөлшері, %	
	Жемшөппен түсу барысында (Б.2. тобы)	сумен түсу барысында (Б.3. тобы)
Жүрек	0,017	0,289
Бүйрек	0,035	0,372
Өкпе	0,030	0,353
Бауыр	0,019	0,133
Бұлшықет ұлп.	0,017	– *
Ұрық безі	0,028	0,211
Көкбауыр	0,015	0,446
Тиесілі белсенділік сомасы	~ 0,16	~ 1,80
Ескерту: ^{90}Sr өлшеу дәлсіздігі 20% кем емес, * – сынаманың белсенділігі анықтау шегінен төмен болды		



6-Сурет. Түрлі түсу мерзімі мен жағдайы барысындағы қойлардың сүйек ұлпасына ^{90}Sr өту коэффициенті

Штольня суларымен қойлардың сүйек ұлпасына түскен ^{90}Sr биологиялық қол жетімділігі, жемшөппен түскен ^{90}Sr қарағанда шамамен бір есеге жоғары. Жануарлардың ағзасына су және жемшөппен бірге ^{90}Sr түскен жағдайда, ^{90}Sr сүйек ұлпасына $Ө_к$ орташа мәнге жақын (6-сурет). Осымен қатар айта кету керек, аталған аумақтың жайылымдық маусымына сәйкес келетін, уақытша аралықта бағу жағдайының бірде бірінде қойлардың сүйек ұлпасында ^{90}Sr жай-күйінің тепе-теңдігі сақталған жоқ.

2.2.1.4. Тәуліктік мәзірдегі ^{90}Sr рауалы шоғырлануын есептеу

Бұрынғы ССП аумағының ^{90}Sr максималды ластанған телімдерінде малдарды бағу барысында, қойлардың ағзасына ұзақ мерзімде күнделікті түсуі барысында (7×10^4 дейін Бк/тәул.), бұлшықет ұлпасындағы радионуклидтердің шоғырлануы санитарлық-гигиеналық нормативтерден асқан жоқ (50 Бк/кг) [59].

2.2.2. Қойлардың ағзасына ^{137}Cs өту ерекшелігін зерттеу

2.2.2.1. Тәжірибедегі жануарлардың ағзасындағы ^{137}Cs құрамы

Төмендегі кестеде (12-кесте) Б.1. тобындағы қойлардың мүшелері мен ұлпалардағы ^{137}Cs тиесілі белсенділігі, ^{137}Cs ол ағзаға сумен және жемшөппен түсуі келтірілген. Б.2. және Б.3. тобындағы қойлардың мүшелері мен ұлпаларындағы ^{137}Cs тиесілі белсенділігі, ^{137}Cs ол ағзаға сумен және жемшөппен түсуі төмендегі кестеде келтірілген (13-кесте, 14-кесте).

12-Кесте

Радиоактивті-ластанған телімдерде түрлі уақытта жаю барысындағы қойлардың мүшелері мен ұлпаларындағы ^{137}Cs тиесілі белсенділігі, Бк/кг

Мүшелер мен ұлпалар	Жануарларды баққан күндердің саны, тәулігіне					
	20	31	62	68	130	151
	Сумен және жемшөппен орташа тәуліктік түсуі, Бк/кг					
	$3{,}2\times10^4$	$1{,}3\times10^5$	$1{,}8\times10^5$	$1{,}1\times10^5$	$6{,}9\times10^4$	$1{,}1\times10^5$
	Тиесілі белсенділік, Бк/кг					
Жүрек	4600±100	5300±100	1100±110	3800±200	5000±220	1800±140
Бүйрек	8400±300	8600±280	2000±120	7600±350	6600±250	4100±230
Өкпе	3700±190	4600±200	1000±40	3200±210	4300±220	1400±120
Бауыр	4040±190	5200±230	1000±100	3500±200	5000±230	1300±120
Бұлшықет ұлп.	7600 ± 290	15500±160	4400±210	9400±300	9800±130	2000±140
Сүйек ұлп.	4700±290	9100±330	1200±130	8100±740	2500±200	2500±250
Жүн	14 ± 1	–	–	26 ± 1	70 ± 10	190 ± 2

13-Кесте

Жемшөппен бірге түрлі мерзімде түсу барысында қойлардың мүшелері мен ұлпасына ^{137}Cs тиесілі белсенділігі, Бк/кг

Мүшелер мен ұлпалар	Жануарларды баққан күндердің саны, тәулігіне				
	7	14	28	56	112
	Жемшөппен орташа тәуліктік түсуі, Бк/кг				
	$3{,}66\times10^2$	$2{,}94\times10^2$	$1{,}02\times10^2$	$4{,}17\times10^2$	$1{,}60\times10^3$
	Тиесілі белсенділік, Бк/кг				
Жүрек	4,2 ± 1,0	10,2 ± 1,3	14,4 ± 2,0	11,6±1,7	326,7±6,3
Бүйрек	8,2 ± 1,4	18,2 ± 2,1	14,9 ± 2,0	31,2±3,4	562,3±11,0
Өкпе	2,1 ± 0,8	6,9 ± 1,1	6,2 ± 1,2	8,4±1,2	191,5±4,5
Бауыр	4,6 ± 1,1	9,0 ± 1,1	15,2 ± 1,2	12,4±1,3	352,7±5,8
Бұлшықет ұлп.	3,71 ± 0,16	6,40 ± 0,21	8,63 ± 0,23	39,7±2,0	220,3±4,8
Сүйек ұлп.	3,68 ± 0,57	28,4 ± 1,3	12,0 ± 2,0	11,76±0,58	116,6±4,1
Ұрық безі	4,1 ± 1,1	5,7 ± 1,1	7,1 ± 1,1	11,9±1,9	301,3±5,6
Көкбауыр	9,0 ± 2,1	5,1 ± 2,2	7,1 ± 2,0	13,5±2,9	307,1±5,6
Жүн	2,77 ± 0,19	< 0,19	< 0,48	0,68 ± 0,13	< 0,45

14-Кесте

Қойлардың мүшелері мен ұлпаларында сумен бірге түрлі мерзімде түсу барысындағы ^{137}Cs тиесілі белсенділігі, Бк/кг

Мүшелер мен ұлпалар	Жануарларды баққан күндердің саны, тәулігіне				
	7	14	28	56	112
	Сумен орташа тәуліктік түсуі, Бк/кг				
	$1{,}11\times10^2$	$9{,}90\times10^1$	6,45	3,56	$2{,}32\times10^1$
	Тиесілі белсенділік, Бк/кг				
Жүрек	7,3 ± 1,1	2,7 ± 1,1	< 1,5	<1,6	10,3±1,5
Бүйрек	10,3 ± 2,4	6,2 ± 1,4	< 1,8	<2,0	20,7±2,5
Өкпе	6,6 ± 1,2	3,9 ± 1,0	< 1,1	<1,1	5,0±0,9
Бауыр	6,1 ± 1,0	3,4 ± 0,9	< 1,1	<1,0	6,6±1,1
Бұлшықет ұлп.	6,29 ± 0,18	4,88 ± 0,16	0,71± 0,09	<0,9	3,9±0,9
Сүйек ұлп.	2,78 ± 0,49	29,2 ± 2,3	< 1,1	<1,7	<2,8
Ұрық безі	7,5 ± 1,2	1,9 ± 0,9	< 0,9	<0,9	5,5±1,0
Көкбауыр	6,2 ± 2,0	< 4,0	< 2,0	<2,6	<3,8
Жүн	1,26 ± 0,32	< 0,24	< 1,02	< 0,41	0,12±0,05

2.2.2.2. Қойлардың ағзасында ^{137}Cs таралуы

Радиоактивті-ластанған аумақта жануарларды жаю мерзіміне байланысты мүшелер мен ұлпалар арасындағы ^{137}Cs тиесілі белсенділігінің таралу сипаты өзгеріп отырады. ^{137}Cs (400 Бк дейін тәул.) аз мөлшерде түскен уақытта оның мүшелер мен ұлпалар бойымен біркелкі таралуы орын алған. Алайда, егер шоғырлану жоғарылаған жағдайда ^{137}Cs мүшелер бойында таралуы әркелкі болады. Осылай, 30 күн бойында жайылған малда ^{137}Cs жоғары белсенділігі бүйректе, 60 күн бойында жайылған малда ^{137}Cs тиесілі белсенділігінің жоғары мәні бұлшықет ұлпасында орын алады.

^{137}Cs тиесілі белсенділігі ұзақ уақыт бойында түсіп тұрған жағдайда барлық жануарларда дерлік түрлі бөліктерде келесі қатар бойында төмендейді: бұлшықеттер > бүйрек > сүйектер ≥ жүрек > бауыр ≥ өкпе > ұрық безі > көкбауыр. ^{137}Cs таралуының келтірілген сипаты қойлардың мүшелер мен ұлпаларында Чернобыль АЭС апаттық аймағында орын алғандағы деректерге ұқсас [60].

В.П. Буров жетекшілік еткен жұмыста [61], сүйек ұлпасындағы ^{137}Cs шоғырлануы бұлшықет ұлпасына қарағанда 5–10 есеге төмен екені анықталды. Біздің жұмыста сүйек және бұлшықет ұлпасындағы ^{137}Cs тиесілі белсенділігінің қандай да бір қомақты өзгерісі байқалған жоқ. Сүйек ұлпасындағы ^{137}Cs шоғырлануы бұлшықет ұлпасындағы шоғырлануға қарағанда 2 есеге төмен, кейбір кезде шамамен бірдей.

^{137}Cs мүшелерде таралуының уақыты мен түріне байланысты жүндегі тиесілі белсенділік шамалы байқалатын заңдылыққа ие. Мүшелердегі тиесілі белсенділіктің ^{137}Cs тиесілі белсенділігіне арақатынасы төмендегі кестеде келтірілген (15-кесте).

15-Кесте

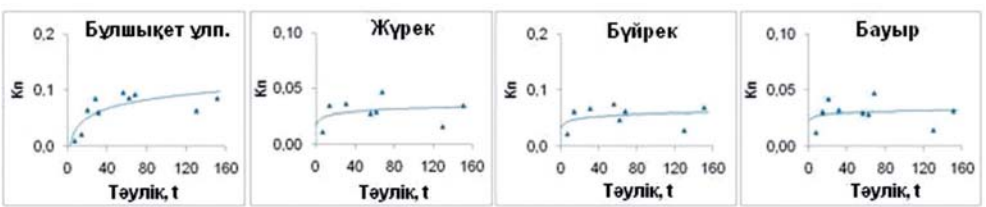
Жүндегі ^{137}Cs тиесілі белсенділігінің мүшелердегі ^{137}Cs тиесілі белсенділігіне арақатынасы

Мүшелер мен ұлпалар	Орташа	min	max	Мәндер саны
Жүрек	75	16	190	5
Бүйрек	130	29	290	5
Өкпе	60	12	160	5
Бауыр	80	15	190	5
Бұлшықет ұлп.	140	50	380	5
Сүйек ұлп.	70	17	180	5

Мүшелер мен ұлпаларда ^{137}Cs таралуының уақыты мен мөлшеріне қарамастан, белгілі бір арабайланысы бар, ол бір радионуклидтің басқа бір мүшеде құрамы бойынша болуын болжау мүмкіндігін береді. Мысалы, егер бауырдың тиесілі белсенділігін бірлік ретінде алса, ^{137}Cs орташа қатыстық шоғырлануы қойлардың жүрегі, бүйрегі, өкпесі, сүйегі, ұрық безі мен көкбауырында, сәйкесінше 1,08±0,05; 1,99±0,16; 0,82±0,06; 1,28±0,25; 0,80±0,09; 0,99±0,22 болады. Бұлшықет пен бауыр арасында ^{137}Cs таралуының байланыстылығы жоқ.

2.2.2.3. Түрлі түсу мерзімі мен жағдайларында ^{137}Cs өту ерекшелігі

Төмендегі суретте (7-сурет), «Дегелең» ТСА түрлі штольняларының өсімдігінен азықтандырылған, Б.1. және Б.2. тобындағы қойлардың бұлшықет ұлпасына, жүрек, бүйрек және бауырындағы ^{137}Cs $Ө_к$.келтірілді. Тәжірибенің нәтижесінен, қоршаған ортаның түрлі құрауыштарымен бірге қойлардың ағзасына ^{137}Cs күнделікті ұзақ мерзімде түсуі шартынан, мүшелердегі ^{137}Cs шоғырлануы белгілі бір шамаға дейін ұлғаятынын көрсетті. Ұзақ мерзім бойы түскен жағдайда (20 тәуліктен аса), изотоптың түсуінің жалғасуына қарамастан, жинақтау мен шығарылу арасында қарқынды тепетеңдік пайда болады, оның нәтижесінде ^{137}Cs мүшелердегі құрамының одан әрі ұлғаюы орын алмайды. Осыған ұқсас $Ө_к$ өзгеру қарқыны өкпеде, көкбауырда және ұрық безінде уақыт бойымен белгіленді.



7-Сурет. Қойлардың мүшелері мен ұлпаларына ^{137}Cs өту қарқыны (Б.1. және Б.2. тобы)

№ 176 шт. мен № 177 шт. арасында жануарлардың құрамында қойлардың бұлшықет ұлпасына ^{137}Cs $Ө_к$ анық айырмашылықтары жоқ. Түсуін есептеу барысында жіберілетін қателер $Ө_к$ кейбір қайшылықтармен түсіндіріледі. Б.1. тобының жануарларында мәзірде ластанған судан басқа ластанған су болса да, бұл фактор ерекше әсер еткен жоқ деп есептейміз, себебі мәзірдегі ластанған судың үлесі орташа тәуліктік

түсудің 0,01 % төмен құрамын құрады. Бұл, Б.1. және Б.2. тобындағы қойлардың мүшелері мен ұлпаларына ^{137}Cs өтуінің алынған мәнін салыстыруға мүмкіндік береді.

Түрлі радиоактивті-ластанған телімдерден жемшөппен түсу барысындағы қойлардың мүшесіне ^{137}Cs $Ө_к$ мәнін салыстыру төмендегі кестеде келтірілген (16-кесте). Түрлі штольнялардың жанында бағу барысында жануарлардың (5×10^4 есе) ағзасына ^{137}Cs шоғырлануының тәуліктік түсуінің қомақты өзгерісіне қарамастан $Ө_к$ біркелкі емес немесе жақын екенін айту қажет.

16-Кесте

Түрлі телімдерден жемшөп арқылы түсу барысындағы қойлардың мүшелері мен ұлпаларындағы ^{137}Cs $Ө_к$ орташа мәні

Мүшелер мен ұлпалар	Тепе-тең күйдегі $Ө_к$ орташа мәні, $\times10^{-2}$		
	Жемшөппен және сумен түсу барысында (Б.1. тобы)	Жемшөппен және сумен түсу барысында (Б.2. тобы)	Орташа
Жүрек	3,7	6,8	5,2
Бүйрек	6,7	9,4	8,1
Өкпе	3,0	3,5	3,3
Бауыр	3,3	7,0	5,1
Бұлшықет ұлп.	7,5	6,7	7,1
Сүйек ұлп.	4,7	8,1	6,4
Ұрық безі	–	3,9	3,9
Көкбауыр	–	4,0	4,0
Ескерту: орташа статистикалық мәннің қатесі 30% аспайды			

Кестеде келтірілген нәтижелерде, қойлардың мүшелеріне ^{137}Cs сумен өтуі, жемшөппен өтуге қарағанда екі есеге жоғары екенін көрсетеді (17-кесте).

17-Кесте

Тәуліктік түсуден пайызбен көрсетілгендей, қойлардың мүшелер мен ұлпаларында сумен және жемшөппен түскен ^{137}Cs таралуы

Мүшелер мен ұлпалар	^{137}Cs мүшелер мен ұлпалардағы саны*, %	
	жемшөппен және сумен түсу барысында (тобы Б.2.)	сумен түсу барысында (тобы Б.3.)
Жүрек	8,3	17,9
Бүйрек	14,5	34,9
Өкпе	4,9	10,5
Бауыр	8,8	12,5
Бұлшықет ұлп.	5,6	9,1
Сүйек ұлп.	6,0	17,9
Ұрық безі	7,3	10,8
Көкбауыр	7,8	5,6
Сумма тиесілі белсенділік	~63	**~119**
*Ескерту: ^{137}Cs өлшеу дәлсіздігі 30% * – 3 жануар бойынша орташа мәні*		

2.2.2.4. ^{137}Cs тәуліктік мәзірдегі рауалы шоғырлануды есептеу

ССП радиоактивті-аумағында қойларды бағу барысында мүшелерінде ^{137}Cs шоғырлану қарқыны жайлы алынған деректерден радиоактивті жемшөппен азықтандырудың рауалы деңгейін реттеуге мүмкіндік береді, ол санитарлық ережелер мен нормаларға сәйкес, мал шаруашылығы өнімін алуды қамтамасыз етеді.

Қойлардың тәуліктік мәзірінде ^{137}Cs құрамының рауалы деңгейіне баға беру үшін, тағамдық өнімдердің талаптарын қабылдауы мүмкін, ол бойынша бұлшықет ұлпасындағы ^{137}Cs тиесілі белсенділігі бойынша 160 Бк/кг-нан аспайды. Бұлшықет ұлпасына ^{137}Cs $Ө_к$ максималды мәніне байланысты – 0,17 тең, қойлардың тәуліктік мәзірінде ^{137}Cs рауалы деңгейі ~900 Бк-ны құрайды.

2.2.3. Қойлардың ағзасына Т өту ерекшелігін зерттеу

2.2.3.1. Тәжірибедегі жануарлардың ағзасындағы Т құрамы

Б.1. тобындағы қойлардың мүшелер мен ұлпалардағы Т тиесілі белсенділігі, ағзаға сумен және жемшөппен түскен Т, төмендегі кестеде келтірілген (18-кесте). Б.2. және Б.3. тобындағы қойлардың мүшелер мен ұлпалардағы Т тиесілі белсенділігі, ағзаға сумен және жемшөппен Т сәйкесінше, төмендегі кестеде ұсынылған (19-кесте, 20-кесте).

18-Кесте

Радиоактивті-ластанған телімдерде түрлі уақытта жаю барысындағы қойлардың мүшелері мен ұлпаларында Т тиесілі белсенділігі, Бк/кг

Мүшелер мен ұлпалар	Жануарларды баққан күндердің саны, тәулігіне					
	20	31	62	68	130	151
	Сумен және жемшөппен орташа тәуліктік түсуі, Бк/кг					
	$5,6\times10^5$	$5,6\times10^5$	$5,6\times10^5$	$5,6\times10^5$	$5,6\times10^5$	$5,6\times10^5$
	Тиесілі белсенділік, кБк/кг					
Жүрек	111 ± 10	200 ± 20	155 ± 14	135 ± 11	148 ± 13	92 ± 10
Бүйрек	131 ± 11	130 ± 11	153 ± 14	168 ± 15	136 ± 12	108 ± 10
Өкпе	102 ± 10	146 ± 12	173 ± 15	164 ± 15	176 ± 16	102 ± 10
Бауыр	116 ± 10	141 ± 12	179 ± 17	145 ± 15	173 ± 16	96 ± 10
Бұлшықет ұлп.	114 ± 10	139 ± 12	189 ± 17	131 ± 12	164 ± 16	146 ± 13
Сүйек ұлп.	62 ± 6,0	28 ± 3,0	33 ± 3,0	33 ± 3,0	28 ± 3,0	27 ± 3,0

19-Кесте

Жемшөппен бірге түрлі мерзімде түсу барысында қойлардың мүшелерінің азат суларындағы Т тиесілі белсенділігі

Мүшелер мен ұлпалар	Жануарларды баққан күндердің саны, тәулігіне				
	7	14	28	56	112
	Жемшөппен орташа тәуліктік түсуі, Бк				
	$1,90\times10^5$	$2,25\times10^5$	$3,10\times10^5$	$4,36\times10^5$	$3,72\times10^5$
	Тиесілі белсенділік, кБк/кг				
Жүрек	67 ± 6,2	26 ± 0,8	43 ± 4,0	50 ± 4,1	70 ± 6,3
Бүйрек	40 ± 4,0	30 ± 1,8	39 ± 3,0	65 ± 5,2	61 ± 5,1
Өкпе	21 ± 0,8	21 ± 1,7	52 ± 4,1	63 ± 5,2	54 ± 4,1
Бауыр	16 ± 1,7	24 ± 1,8	52 ± 4,0	59 ± 5,1	80 ± 7,3
Бұлшықет ұлп.	18 ± 1,7	21 ± 1,7	43 ± 3,0	62 ± 5,2	56 ± 4,0
Сүйек ұлп.	5 ± 0,5	11 ± 1,2	9 ± 8,5	6 ± 0,7	7 ± 0,6
Ұрық безі	20 ± 2,1	19 ± 1,7	н/о	65 ± 5,1	72 ± 6,0
Көкбауыр	40 ± 4,0	23 ± 1,8	47 ± 3,0	60 ± 5,2	122 ± 10

20-Кесте

Сумен бірге түрлі мерзімде түсу барысында қойлардың мүшелерінің азат суларындағы Т тиесілі белсенділігі

Мүшелер мен ұлпалар	Жануарларды баққан күндердің саны, тәулігіне				
	7	14	28	56	112
	Сумен орташа тәуліктік түсуі, Бк/кг				
	$1,24\times10^6$	$1,64\times10^6$	$1,41\times10^6$	$1,21\times10^6$	$1,31\times10^6$
	Тиесілі белсенділік, кБк/кг				
Жүрек	75 ± 6,0	117 ± 10	144 ± 14	140 ± 17	126 ± 10
Бүйрек	93 ± 8,0	99 ± 10	162 ± 20	123 ± 11	144 ± 13
Өкпе	101 ± 10	109 ± 10	163 ± 20	123 ± 11	101 ± 10
Бауыр	77 ± 6,0	101 ± 10	141 ± 14	120 ± 11	113 ± 10
Бұлшықет ұлп.	78 ± 7,0	93 ± 8,0	147 ± 14	125 ± 11	152 ± 14
Сүйек ұлп.	3 ± 0,4	10 ± 1,0	16 ± 1,0	9 ± 0,8	6 ± 0,7
Ұрық безі	89 ± 7,4	106 ± 10	159 ± 20	140 ± 13	138 ± 12
Көкбауыр	77 ± 6,3	н/о	160 ± 20	128 ± 11	66 ± 5,0

2.2.3.2. Қойлардың ағзасындағы Т таралуы

Өткізілген зерттеулерден, сумен және жемшөппен Т ұзақ уақыт бойы түсу барысында оның қойлардың мүшелері арасында тепе-тең таралуы орын алған (өкпе, бауыр, бүйрек, жүрек, ұрық безі, көкбауыр, бұлшықет ұлпасы). Алайда, бұлшықет және сүйек ұлпалары арасында Т таралуы ерекшелігімен көзге түседі және оның түсу формасына байланысты. Өсімдіктің азат суында түсу барысында Т шоғырлануы бұлшықет ұлпасына қарағанда, сүйек ұлпасында 6 есе кем, ал сумен түсу барысындағы Т шоғырлануы сүйек ұлпасында бұлшықет ұлпасына қарағанда 18 есе кем.

Қойлардың мүшелері мен ұлпаларында Т біркелкі таралуы ~90% дейінгі дәлдікпен қойлардың мүшелері мен ұлпаларда таралатыны айқын екеніне, ол бір мүшенің белсенділігін біле тұра болжам жасауға мүмкіндік береді (мысалы, бауыр бойынша). Мүшелер мен ұлпалардағы Т тиесілі белсенділігінің бауырдағы тиесілі белсенділігі төмендегі кестеде келтірілген (21-кесте).

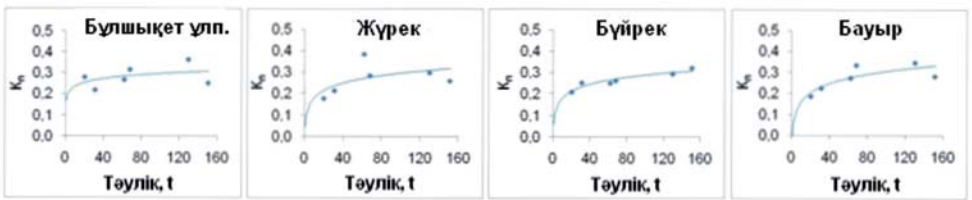
21-Кесте

Бауырдағы тиесілі белсенділіктің мүшелер мен ұлпалардағы Т тиесілі белсенділігіне арақатынасының орташа мәні

Мүшелер мен ұлпалар	Жүрек	Бүйрек	Өкпе	Бұлшықет ұлп.	Сүйек ұлп.	Ұрық безі	Көкбауыр
Орташа мәні	1,01±0,04	1,05±0,04	1,04±0,04	1,02±0,05	0,20±0,04	1,08±0,05	1,19±0,19

2.2.3.3. Түрлі түсу мерзімі мен жағдайларында Т өту ерекшелігі

Өсімдіктің азат суымен және сумен мүшеге Т түсуі қарқынды түрде өтеді және келіп түскен және шығарылған Т мөлшері арасында қарқынды тепе-теңдік өте жылдам орын алады. Одан кейін мүшелердегі Т ұлғаюы орын алады (8-сурет).



8-Сурет. Қойлардың мүшесіне ^{137}Cs өту қарқыны (Б.1. тобы)

Ерекше назар өсімдіктің азат суындағы Т өту ерекшелігіне аударылады, себебі өсімдіктің азат суындағы Т биологиялық қол жетімділігі, сумен түскен Т жоғары. Осыған ұқсас нәтижелер, зертханадағы жануарлардан алынды, оларға ұзақ уақыт бойы Т ластанған жемшөп және тритийлі су беріп отырды [62]. Бұл, ағзаға түскен тритийдің органикалық байланысуының қарқынды түрде, жемшөппен қомақты мөлшерде түсуімен байланысты (22-кесте).

22-Кесте

Тәуліктік түсуден пайызбен көрсетілгендей, сумен және жемшөппен түскен соң қойлардың мүшелер мен ұлпаларында Т таралуы

Мүшелер мен ұлпалар	**Мүшелер мен ұлпалардағы Т таралуы*, %**	
	жемшөппен және сумен түсу барысында * (Б.2. тобы)	**сумен түсу барысында * (Б.3. тобы)**
Жүрек	18,1	8,9
Бүйрек	15,5	9,2

Мүшелер мен ұлпалар	Мүшелер мен ұлпалардағы Т таралуы*, %	
	жемшөппен және сумен түсу барысында * (Б.2. тобы)	сумен түсу барысында * (Б.3. тобы)
Өкпе	13,2	8,8
Бауыр	14,1	8,2
Бұлшықет ұлп.	12,4	8,8
Сүйек ұлп.	2,8	0,6
Ұрық безі	13,2	9,4
Көкбауыр	18,5	8,3
тиесілі белсенділіктің сомасы	~108	**~62**
Ескерту:Т өлшеу дәлсіздігі 20% кем емес * – орташа мәні 5 жануар бойынша		

2.2.3.4. Тәуліктік мәзірдегі радионуклидтің рауалы шоғырлануы

Жануарлардың ағзасындағы тритийлі судың түсуі барысында болмашы бір бөлігі органикалық байланысқан Т түрде қайта құбылады [63], Т шоғырылануының күтілуіне болжам жасауға, сонымен қатар радиоактивті сумен суғарудың рауалы мерзімдерін реттеуге мүмкіндік береді. Қойлардың тәуліктік мәзірінде Т түсуі, Т түсуінің шегінің жоғарылауын болдырмау үшін оның қой шаруашылығы (ет, ішек-қарын) өнімдерімен адамның ағзасына түсуі 4×10^4 Бк-дан аспауы тиіс. Есептеу тұрғындарға арналған Т органикалық байланысқан жылдық түсу шегінде жүргізілді [64].

2.2.4. Қойлардың ағзасына $^{239+240}$Ри және ^{241}Ат өту ерекшеліктерін зерттеу

Тәжірибедегі жануарлардың ағзасындағы радионуклидтердің құрамы. Төмендегі кестеде (23-кесте) қойлардың мүшелер мен ұлпаларындағы $^{239+240}$Pu тиесілі белсенділігінің деректері түрлі мерзімде сумен және жемшөппен түсуі келтірілген.

23-Кесте

Жемшөппен және сумен бірге түрлі мерзімде түсу барысында қойлардың мүшелері мен ұлпасына $^{239+240}$Pu тиесілі белсенділігі, Бк/кг

Мүшелер мен ұлпалар	Жемшөппен орташа тәуліктік түсуі, Бк/кг					Сумен орташа тәуліктік түсуі, Бк/кг				
	$4{,}68\times10^1$	7,79	9,7	5,8	$1{,}0\times10^1$	$1{,}7\times10^1$	9,8	$6{,}9\times10^{-1}$	$5{,}4\times10^{-1}$	3,0
	Баққан күндердің саны, тәулік					Баққан күндердің саны, тәулік				
	7	14	28	56	112	7	14	28	56	112
	Мүшелердің белсенділігі, Бк/кг									
Жүрек	< 0,1	< 0,1	< 0,1	<0,080	<0,080	< 0,1	< 0,1	< 0,073	<0,078	<0,079
Бүйрек	< 0,1	< 0,1	< 0,1	<0,076	<0,080	< 0,1	< 0,1	< 0,072	<0,075	<0,072
Өкпе	< 0,1	< 0,1	< 0,1	<0,076	<0,079	< 0,1	< 0,1	< 0,068	<0,076	<0,074
Бауыр	< 0,1	< 0,1	< 0,1	<0,079	<0,079	< 0,1	< 0,1	< 0,073	<0,072	<0,079
Бұлшықет ұлп.	< 0,006	0,01±0,004	< 0,004	<0,075	<0,068	< 0,1	0,012±0,002	< 0,070	<0,073	<0,069

Мүшелер мен ұлпалар	Жемшөппен орташа тәуліктік түсуі, Бк/кг					Сумен орташа тәуліктік түсуі, Бк/кг				
	$4{,}68\times10^{1}$	7,79	9,7	5,8	$1{,}0\times10^{1}$	$1{,}7\times10^{1}$	9,8	$6{,}9\times10^{-1}$	$5{,}4\times10^{-1}$	3,0
	Баққан күндердің саны, тәулік					Баққан күндердің саны, тәулік				
	7	14	28	56	112	7	14	28	56	112
	Мүшелердің белсенділігі, Бк/кг									
Сүйек ұлп.	< 1,0	< 1,0	< 1,0	<1,3	<1,3	< 1,0	< 1,1	< 0,94	<1,3	<1,1
Ұрық безі	< 0,1	< 0,1	< 0,1	<0,080	<0,079	< 0,1	< 0,1	< 0,072	<0,077	<0,070
Көкбауыр	< 0,2	< 0,1	< 0,1	<0,066	<0,080	< 0,1	< 0,1	< 0,070	<0,082	<0,10
жүн	1,3±0,3	< 0,37	< 0,40	< 0,36	< 0,31	0,93±0,24	< 0,37	< 0,41	<0,56	< 0,41

Төмендегі кестеде (24-Кесте) қойлардың мүшелерінің тиесілі белсенділігі бойынша сумен және жемшөппен ^{241}Am түрлі мерзімде түсу жайлы деректер келтірілген.

24-Кесте

Жемшөппен бірге түрлі мерзімде түсу барысында қойлардың мүшелері мен ұлпасына ^{241}Am тиесілі белсенділігі, Бк/кг

Мүшелер мен ұлпалар	Жемшөппен орташа тәуліктік түсуі, Бк/кг					Сумен орташа тәуліктік түсуі, Бк/кг				
	$1{,}2\times10^{1}$	$1{,}4\times10^{1}$	$2{,}0\times10^{1}$	$2{,}8\times10^{1}$	$2{,}4\times10^{1}$	4,8	8,3	4,4	2,4	2,6
	Баққан күндердің саны, тәулік					Баққан күндердің саны, тәулік				
	7	14	28	56	112	7	14	28	56	112
	Мүшелердің белсенділігі, Бк/кг									
Жүрек	< 0,3	<0,2	< 0,3	<0,6	<0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	<0,4	<0,4
Бүйрек	< 0,3	<0,2	0,7±0,03	<0,5	<0,6	< 0,3	< 0,4	< 0,4	<0,3	<0,4
Өкпе	< 0,3	<0,2	< 0,3	<0,3	<0,4	< 0,3	< 0,3	< 0,3	<0,3	<0,3
Бауыр	< 0,2	<0,2	< 0,3	0,7±0,03	<0,4	< 0,3	0,7±0,02	< 0,3	<0,2	<0,3
Бұлшықет ұлп.	< 0,2	<0,02	< 0,03	<0,03	<0,05	< 0,2	< 0,2	< 0,03	<0,02	<0,03
Сүйек ұлп.	< 0,7	<0,6	< 0,9	<1,9	<2,4	< 0,4	< 0,4	1,2±0,4	<0,7	<1,3
Ұрық безі	< 0,4	0,6±0,02	< 0,3	<0,8	<0,3	< 0,4	0,6±0,02	< 0,3	<0,3	<0,3
Көкбауыр	0,7±0,03	< 0,5	< 0,5	<0,7	<0,6	< 0,4	< 0,7	< 0,5	<0,8	<0,5
жүн	0,15±0,06	< 0,07	< 0,19	<0,183	0,22±0,09	0,25±0,1	< 0,08	0, 9±0,34	< 0,16	< 0,074
тері	0,23±0,09	0,18±0,08	< 0,14	<0,09	<0,09	< 0,10	< 0,11	< 0,11	< 0,11	0,37±0,09

Көп жағдайда мүшелер мен ұлпалардағы $^{239+240}$Pu және ^{241}Am тиесілі белсенділігі көп жағдайда анықтау шегінде, алынған мөлшерлік деректер қойлардың мүшелері мен ұлпаларына $^{239+240}$Pu және ^{241}Am өтуін алдын ала бағалауға мүмкіндік береді. Бұлшықет ұлпасына $^{239+240}$Pu орташа $Ө_к$ $<1{,}3\times10^{-4}$ құрайды, ал бұлшықет ұлпасына ^{241}Am $Ө_к$ $<1{,}5\times10^{-3}$ құрайды.

^{241}Am кішігірім шоғырлануы бір жануардың сүйек ұлпасында ғана анықталған, сонымен қатар мөлшерлік мәндер бірнеше жануардың бүйрегінде, бауырында, көкбауырда және ұрық безінде анықталды. Бұлшықет ұлпасындағы ^{241}Am тиесілі белсенділігі анықтау шегінде 0,02 Бк/кг-ны құрайды. Осыған ұқсас таралу сипаты иттердің ағзасындағы ^{241}Am алмасу кинетикасын зерттеу бойынша жұмыста анықталды [65]. Қойлардың мүшелер мен ұлпаларында $^{239+240}$Pu және ^{241}Am деполандыру процесінің аз шоғырлануы жемшөппен немесе сумен ұзақмерзімде түсуі болмағаны анықталды.

ҚОРЫТЫНДЫ

Жалпы алғанда, осы жұмыста келтірілген зерттеулердің нәтижелері жануарлардың ағзасындағы радионуклидтердің метаболизмінің сипаты жайлы қолда бар деректерді нақтылайды. Алайда, қойлардың бұлшықет ұлпасына ^{90}Sr және ^{137}Cs өту коэффициентінен алынуы – тепе-теңдік күйінде, бұл АТЭХАГ деректер базасында келтірілген $Θ_к$ орташа мәнінен, бірқатар төмен. Бұл пероралды түсудің түрлі формаларына байланысты болуы мүмкін. Осылай, радионуклидтердің $Θ_к$, біздің деректер бойынша, сумен немесе жемшөппен түрлі түсу барысында бір қатар бойында өзгешеленуі мүмкін. Қоршаған орта құрауыштарының микро-, макроэлементті құрамының табиғи-климаттық ерекшелігіне (қоршаған ортаның құрауыштары құрамының айырмашылықтары, ең алдымен жемшөптегі тұрақты және химиялық ұқсастықтардың шоғырлануы) әсер етуіне $Θ_к$ мәні, ең алдымен, Sr және Cs тұрақты шоғырлануының және химиялық ұқсастықтары, сонымен қатар қоршаған орта құрауыштарында радионуклидтерді табу формасы әсер етеді. Бұл дегеніміз, қай жағдайда алынғанын білместен, оны $Θ_к$ константа ретінде пайдалануға болмайтынын көрсетеді. Аталған зерттеулерде $^{239+240}Pu$ және ^{241}Am радионуклидтерінің өту ерекшеліктерін жеткілікті дәрежеде зерттеуге мүмкін болмағандықтан, алынған зерттеулердің негізінде, аталған радионуклидтер «Дегелең» ТСА жағдайында алынған мал шаруашылығы өнімін пайдаланып жатқан тұрғындар үшін дозақұраушы тұрғысынан ерекше қатер тудырмайды.

Аталған нәтижелер радионуклидтердің тәуліктік нормасын реттеуге мүмкіндік береді және ол тағамдық өнімдерге гигиеналық талаптардың асуына жол бермейді, бұл ССП жерлерін халық шаруашылығына беруге өте қажетті.

^{90}Sr, ^{137}Cs және Т радионуклидтерінің мүшелер мен ұлпалар арасындағы белгіленген таралу тәуелділігі бір мүше бойынша радионуклидтердің ағзадағы толық құрамының немесе жануарды соймастан, оның жүніндегі құрамы бойынша мүшелер мен ұлпасындағы радионуклидтердің шоғырлануына алдын ала баға жасалды. Бұдан бұрын өткізілген бұған ұқсас жұмыстарды біз таба алмадық.

ССП аумағы бірегей «табиғи зертхана» болып табылады, бұл жерде табиғи жағдайда радиоэкологияның бірқатар ашық мәселелерін зерттеуге және шешуге мүмкіндік бар. Бұл зерттеу бұл бағыт бойындағы алғашқы қадам болып табылады. Бұдан әрі қарай, ССП аумағында ауыл шаруашылық радиоэкологиялық зерттеу полигонын құру қажет.

Мақаланың авторлары Ядролық физика институтының (Алматы қ.) инженерлік экология зертханасының қызметкерлеріне спектрометриялық және радиохимиялық талдамалар өткізуге, РҚЭИ-ның экожүйелерді кешенді зерттеу бөлімінің барлық қызметкерлеріне радиоэкологиялық жұмыстарды ұйымдастыруға және өткізуге көмек көрсеткені үшін, сонымен қатар Р.Ю. Магашевага ғылыми кеңес және қолдау көрсеткені үшін алғыстарын білдіреді.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. *Москалев Ю.И.* Стронций-90 жинақтау және шығару кинетикасы туралы/ Ю.И.Москалев, Л.А. Булдаков // Радиобиология. – 1967. – т. 7. – № 3. – б. 381–384.
2. *Анненков Б.Н.* Ауыз арқылы изотоптың ұзақ мерзім бойында түсуі барысында иттердің ағзасында стронций-90 таралуы және жинақталуы жайлы / Б.Н. Анненков // Радиобиология. – 1965. – т. 5. – №2. – б. 316–317.
3. *Панченко И.Я.* Ауыл шаруашылығы жануарларында «мәзір-ағза» тізбегі бойынша стронций–90 жылыстауы / И.Я. Панченко, Н.И. Буров, А.Н. Сироткин, Н.Н. Антакова // Теор. және тәжіриб. ионданушы радиацияның төмен дозаларының әсер етуші аспектілері: Бүкіл одақтық симпоз. материалд. жиынт. 1973. – Сыктывкар, 1973. – б. 144–145.
4. *Сироткин А.Н.* Стронций–90, тұрақты стронций, кальций, цезий–137 және топырақ жүйесі–өсімдік–ірі қара малдың ағзасындағы калий – мал шаруашылығы өнімі жүрісінің заңдылығы / А.Н. Сироткин, Н.А. Корнеев, И.Я. Панченко, Е.М. Николаева // Теор. және тәжіриб. ионданушы радиацияның төмен дозаларының әсер етуші аспектілері: Бүкіл одақтық симпоз. материалд. жиынт. 1973. – Сыктывкар, 1973. – б. 11–46.
5. *Буров Н.И.* Ауыл шаруашылығы жануарларының кейбір түрлерінде стронций-90 трансплацентарлық өту заңдылығы / Н.И. Буров, И.Я. Панченко, Н.Н. Антакова // Теор. және тәжіриб. ионданушы радиацияның төмен дозаларының әсер етуші аспектілері: Бүкіл одақтық симпоз. материалд. жиынт.. – Сыктывкар, 1973. – б. 153–154.
6. Ауыл шаруашылық радиоэкологиясы // ред-ған Р.М. Алексахина, Н.А. Корнеева. – М.: Экология, 1991. – б. 397
7. Күйіс қайырушы жануарлардың асқазан-ішек жолында радионуклидтердің сіңірілу коэффициентін анықтау ерекшелігі / ред-ған Н.А. Корнеев, А.Н. Сироткин, И.М. Расин [және басқалар]. // ВАСХНИЛ баянд. – 1986. – №2. – б. 41–42.
8. *Анненков Б.Н.* Созылмалы тәжірибе барысындағы жас егеуқұйрықтардың ағзасындағы стронций-90 жинақталуы және шығарылуының мәзіріне кальцийдің әсер етуі /Б.Н. Анненков // Радиобиология. – 1966. – т. 6. – № 4. – б.622–623.
9. *Дубровина З.В.* Жеке бір сүйектердегі стронций-90 құрамы бойынша қаңқаның белсенділігін есептеу мәселесіне / З.В. Дубровина [и др.]. // Радиобиология. – 1963. – т. 3. – № 5. – б.773–777.
10. *Добрякова Г.В.* Иттердің қаңқасына мәзірден өтудегі стронций мен кальцийдің арабайланысы / Г.В. Добрякова, И.Я. Панченко // Радиобиология. – 1966. – т. 6. – №4. – б.625–627.
11. *Сарапульцев И.А.* Мәзірдегі кальцийдің құрамына байланысты бұзаулардың қаңқасындағы стронций-90 ұлпалық дозасын қалыптастыру / И.А. Сарапульцев, И.Я. Панченко, А.Н. Сироткин // Радиобиология. – 1967. – т. 7. – №6. – б.860–865.

12. *Дубровина З.В.* Ағзада радиостронцийдің шөгуіне қарсы қорғану әсері жайлы мәселеге / З.В. Дубровина, П.М. Амлкин // Радиобиология. – 1966. – т. 6. – №2. – б.284–287.
13. *Иванкова А.Т.* Ағзаға ^{90}Sr созылмалы түрде түсуі барысындағы кальций альгинатының қорғаныс әсері / А.Т. Иванкова, Алтухова, Е.С.Жорова, И.М. Парфенова // Радиобиология. – 1993. – т. 33. – № 2. – б.297–301.
14. *Дубровина З.В.* Егеуқұйрықтардың ағзасында кальций, магний, фосфор және майдың сіңірілуіне стронций-90 әсер етуі / З.В. Дубровина, П.М. Малкин, Л.П. Андреева // Радиобиология. – 1965. – т. 5. – №2. – б.183–185.
15. *Анненков Б.Н.* Кейбір зертханалық жануарлардың азасынан стронций–90 шығарылуына магний сульфатының әсер етуі / Б.Н. Анненков // Радиобиология. – 1965. – т. 5. – №4. – б.620–621.
16. *Анненков Б.Н.* Сүтқоректілердің ағзасынан стронций-90 шығарылуын жылдамдату жайлы мәселеге / Б.Н. Анненков // Радиобиология. – 1966. – т. 6. – №5. – б.753–754.
17. *Буров Н.И.* // Омыртқалы жануарлардың радиоэкологиясы / Буров Н.И., Н.Н. Антакова, И.Я. Панченко. – М.: Ғылым, 1978. – б.80–89.
18. «Мәзір – ауыл шаруашылығы жануарларының ағзасы – мал шаруашылығы өнімдері» тізбегіндегі цезий-137 жылыстауы / ред-ған В.П. Буров, В.П. Прилов, А.Н. Сироткин, И.Я. Панченко, Н.Н. Антакова // Теор. және тәжіриб. ионданушы радиацияның төмен дозаларының әсер етуші аспектілері: Бүкіл одақтық симпоз. материалд. жиынт. – Сыктывкар, 1973. – б.147–148.
19. *Кудрявцев В.Н.* Чернобыль АЭС апаттық аймағынан қойлардың мүшелері мен ұлпаларына жемшөппен түсуі барысындағы ^{137}Cs тұрақты түрде түсуі және таралуы / В.Н. Кудрявцев, А.В. Васильев, Е.Г. Краснова, М.Ю. Фадеев // Радиациялық биология. Радиоэкология. – 2006. – т. 46. – №1. – б.45–49.
20. Transfer to farm animals (Ruminants) and their products of Cs–134, Cs–137 and 1–131 after the Chernobyl accident / J. Vankerkom, M. Van Hees, c.M. Vande–casteele, J. Colard, J. P. Culot, R. Kirchmann //4^{e} Symp. int. radioecol. Cadarache «lmpact accidents orig. nucl. environ, 14–18 mars, 1988 . – Cadarache ,1988 .– C 111– 119.
21. *Асташева Н.П.* Ауыл шаруашылығы жануарларының ағзасынан радионуклидтерді шығару және деполандырудың кейбір ерекшеліктері / Н.П. Асташева, Л.М. Романов // 1– Бүкілодақтық радиобиол. съезді Мәскеу, 21–27 авт., 1989 : баянд. тез. – т. 2. – Пущино,1989. – б.1171–1172 .
22. Radiocaesium metabolism in pregnant ewes and their progeny / c.M. Vande-casteele, M. Van Hees, J. P. Culot, J. Vankerkom // Sci. Total Environ. – 1989. –V. 85 . – P. 213–223.
23. Changes with age in the absorption of radiocaesium by sheep: [Pap.] Workshop Age–Depend. Factors Biokinet. and Dosim. Radionuclides, Schloss Elmau, Nov. 5–8, 1991 / R. W. Mayes, H. F. Eayres, N. A. Beresford, C. S. Lamb, B. J. Howard // Radiat. Prot. Dosim. .– 1992 . –V – 41. – № 2–4 .– p. 83–85.
24. The bioavailability of different forms of radio–caesium for transfer across the gut of ruminants ;[Pap.: Workshop Age–Depend. Factors Biokinet. and Dosim. Radionuclides, Schloss Elmau, Nov. 5–8, 1991 /Beresford N. A., Mayes R. W.,

Howard B. J., Eayres H. F., LamD C. S., Barnett C. L, Segal M. G. //Radiat. Prot. Dosim. .– 1992 .– V.41. – № 2–4. p. 87–90.

25. *Свинцев Ю.В.* Адамның ағзасында Cs^{137} шоғырлануының өзгерісі / Ю.В. Свинцев, В.А. Канарейкин, О.М. Арутинов // Радиобиология. – 1966. – т. 6. – № 6. – б.822–825.
26. *Корнеев Н.А.* Ауыл шаруашылығы жануарларының радиоэкологиясының негіздері / Н.А. Корнеев, А.Н. Сироткин. – М.: Энергоатомбасылым, 1987. – 208 б.
27. *Запольская Н.А.* Цезий–137 қозғалысының кейбір жақтары / Н.А. Запольская, Г.С. Смородинцева, В.Г. Михайлов / Н.А.Запольская, Г.С. Смородинцева, В.Г. Михайлов // Радиобиология. – 1967. – т.7. – №4. – б.605–608.
28. *Шахиджанян Л.Г.* Табиғи жағдайдағы ауыл шаруашылығы жануарлары мен адамның ағзасында радиоцезияның таралу ерекшелігі мен ластану деңгейі / Л.Г. Шахиджанян // Радиобиология. – 1962. – т. 2. – №6. – б.840–842.
29. *Шахиджанян Л.Г.* Адамдардың және жануарлардың ағзасының радиоактивті изотоптың таңдау қабілеттілігі /Л.Г. Шахиджанян // Радиобиология. – 1967. – т. 7. – № 6. – б.850–856.
30. ^{14}C, ^{T} және $^{125}1$ алмасу кинетикасына изотопты тасымалдау және қосылуды енгізу формасының әсер етуі /Ю.И. Москалев, В.С. Калистратова, И.Я. Василенко, П.Ф. Бугрышев, Н. С. Калязина, В. Ф. Журавлев «Rept. Staatl. Amtes Atomsicherheit mid Strahlenschutz. DDR.». – 1981. – № 280. – 181 – 196.
31. Biokinetics of tritium incorporation into the tissues of rats during continuous ingestion of trifiated water or tritium–labeled food /Lu Hui–min, H. Takeda // Zhonghua yixue zazhi =Chin. Med. J. –1992 .– 105. – № 7 .– C. 594– 597.
32. Age dependence of excretion and tissue distribution of tritium after single oral administration of tritiated water to rats of various ages. J. Inaba, Y. Nishimura, H. Takeda, Y. Kasida, R. Ichikawa, "J. Radiat. Res." – 1981.– 22. – № 3. – 287–296.
33. *Van Bruwaene R.* Contamination of farm animals by different tritiated precursors and influence on the food chain / R.Van Bruwaene, R. Kirchmann, J. Van den Hoek //"Int. J. Radiat. Biol." – 1976. – 29c.
34. Tritium metabolism in young pigs after exposure of the mothers to tritium oxide during pregnancy / R. Van Bruwaene, G. B. Gerber, R. Kirchmann, J. van den Hoek, J. Vankerkom // «Radiat. Res.». – 1982. – 91. – № 1. c.124–134.
35. Сүтқоректілердегі тритий метаболизмі. Tritium metabolism in mammals. Commerford S.L. "Eur. Semin. Risks Tritium Exposure. Proc. Meet., Mol 22–24 Nov., 1982". – Luxembourg, 1984. – p. 235–250.
36. Possible parameters in the urinary excretion of tritium / C.N. Cawley, B.A. Lewis, L.A. Cannon // «Trans. Amer. Nucl. Soc.», 1985, 50^ Winter Meet. – San Francisco, Calif., 1985. – Nov. 10–14. p. 39.
37. Tritium metabolism in animals / J. van den Hoek //«Radiat. Prot. Dosin. – 1986. – 16. – № 1–2. p. 117—121.
38. Metabolism of ingested organically bound tritium in organic milk constituents and in tissues of two species of ruminants /J.Van den Hoek, G.B. Gerber //«Ra-

diat. – Risk. – Protect. 5 th Int. Cogrr., Berlin (West), 7–12 May, 1984. –Vol. 1. – Koln, 1984. – p. 470–472.

39. *Moghissi A.A.* Biological concentration of tritium // A.A. Moghissi, R. E. Stanley, J. C. McFarla–ne, E. W. Bretthauer, R. G. Patzer, S. R. Lloy'd // «Radiat. Res.». – 1974. – 59. – № 1.
40. *Журавлев В.Ф.* Органикалық байланысқан тритий / В.Ф. Журавлев // Медициналық радиология. – 1981. – 26. – № 6. – б.67–71.
41. Плутоний токсикологиясының мәселелері / Л.А. Булдаков, Э.Р. Любчанский, Ю.И. Москалев, А.П. Нифатов. – М.: Агропромиздат, 1969. – 368 б.
42. Mechanisms of intestinal absorption of ingested plutonium in neonatal mammals :[Pap.] Workshop Age–Depend. Factors Biokinet. and Dosim. Raaionuch'des, Schloss Elmau, Nov. 5–8, 1991 / P. Fritsch, K. Moutairou, J. D. Harrison // Radiat. Prot. Dosim. .–1992. – 41 .– № 2–4. – c.77–82.
43. *Санжаров Н.И.* Агроэкожүйелерде радионуклидтердің жылыстау параметрлерін қайта қарастыру / Н.И. Санжаров, С.Ф. Фесенко, О.А. Шубина, Н.И. Исамов, А.И. Санжаров // Радиациялық биология. Радиоэкология. – 2009. – т.49. – № 3. – б.268–276.
44. The distribution of ^{137}Cs, plutonium and americium in sheep / G. J. Ham, J. D. Harrison, D. S. Popplewell, E. J, C. Curtis // Sci. Total Environ. –1989. – 85. – C. 235–244.
45. Relationship between blood flow, bone structure, and ^{239}Pu deposition in the mouse skeleton / E. R. Humphreys, D. Green, G. R. Howe1Is, M. C. Thorne // Calcified Tissue lnt. – 1982. – 34. – № 4. – p. 416–421.
46. Transfer of aged Pu to cattle grazing on a contaminated environment / O. Gilbert Richard, W. Engel David, D. Smith Donald, H. Shinn Joseph, Lynn R. Anspaugh, R. Eisele Gerhard // Health Phys. – 1988. – 54. – № 3. – p. 323—335.
47. *Любчанский Э.Р.* Егеуқұйрықтардың ағзасындағы Pu^{239} , оның бірнеше химиялық қосылыстардың бірқабат ингаляциядан кейінгі жүрісі / Э.Р. Любчанский // Радиобиология. – 1967. – т. 7. – № 4. – б.541–547.
48. *Булдаков Л.А.* Торайлық теріасты ұлпалардан және тері арқылы Pu^{239} сіңірілуі / Л.А. Булдаков, А.П. Нифатов, Н.М.Толочкова, Н.И. Буров // Радиобиология. – 1967. – т.7. – № 4. – б.591–601.
49. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Quantification of radionuclide transfer in terrestrial and freshwater environments for radiological assessments, IAEA –TECDOC–1616, IAEA, Vienna (2009)
50. *Ахметов М.А.* Семей сынақ полигонының Дегелең таулы массивіндегі реабилитация мәселелері және ағын сулардың радиациялық мониторингі / М.А. Ахметов, О.И. Артемьев, Л.Д. Птицкая // ҚР ҰЯО Жаршысы. Радиоэкология. Қоршаған ортаны қорғау. – 2000.–3 (9) Шық. – б.23–28.
51. ҚР ҰЯО Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының ғылыми-техникалық жайлы есебі, «ҚР аумағындағы радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету» 011 республикалық бюджеттік бағдарлама бойынша орындалған 1-Тапсырма, 2009 ж. «ССП аумағындағы және жақын жатқан аумақтағы шаруашылық қызметтің мониторингі» 1.2-Тапсырма – 12 б.

52. *Овсянников А.И.* Мал шаруашылығындағы тәжірибелік істер негізі // А.И. Овсянников – М.: Колос, 1976. – 304 б.
53. Қазақстан Республикасы Ауыл шаруашылығы министрлігінің Республикалық Денсаулық сақтау министрлігінің тізбесіне енбеген бақылауындағы нысандарда радионуклидтердің құрамының уақытша рауалы деңгейі.
54. Радиациялық қауіпсіздік нормалары (РҚН–99): СП 2.6.1. 758–99. – Алматы: ҚР Денсаулық сақтау істері жөніндегі агенттігі, 1999. – 80 б.
55. ҚР ҰЯО Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының ғылыми-техникалық есебі, 2005 жылы «Қазақстан Республикасында атом энергетиксын дамыту» 0346 ҒТБ бойынша орындалған: ақпараттық есеп / жетекші Птицкая Л.Д. – Курчатов. – 2005. – 39 б.
56. *Раушенбах Ю.О.* Малдардың жылуға төзімділігін термореттеудің түрлі механизмдерінің мәні // Жануарлардың физиологялық-генетикалық зерттеуін бейімдеу / Ю.О. Раушенбах, П.И. Ерохин. – Л.: Ғылым, 1967. –160 б.
57. *Калашников А. П.* Ауыл шаруашылық жануарларын азықтандырудың мәзірі мен нормалары: Анықтамалық құрал / А.П. Калашников, Н.И. Клейменов, В.Н. Баканов [және басқалары]. – М.: Агроөндірістік басылым, 1985. – 352 б.
58. *Садыкулов Т.* Жануарларды өсіру және селекциялау бойынша практикум / Т. Садықұлов, А. Байжұманов. – Алматы: Қайнар, 1998.
59. ҚР Денсаулық сақтау министрлігінің 2003 ж. 11 маусымда бекіт. «Азық түлік өнімдерінің тағамдық құндылықтары мен қауіпсіздігіне гигиеналық талаптар» Санитарлық ережелер мен нормаларын бекіту туралы № 447 бұйрығы.
60. *Кудрявцев В.Н.* Чернобыль АЭС апаттық аймағынан қойлардың мүшелері мен ұлпаларына жемшөппен түсуі барысындағы ^{137}Cs тұрақты түрде түсуі және таралуы / В.Н. Кудрявцев, А.В. Васильев, Е.Г. Краснова, М.Ю. Фадеев // Радиациялық биология. Радиоэкология. – 2006. – т. 46. – №1. – б.45–49
61. Цезий–137 тізбегінің ауыл шаруашылығы жануарлары - мал шаруашылығы өнімдерінде мәзір-ағза тізбегінде жылыстауы / В. П. Буров, В. П. Прилов, А. Н. Сироткин, И. Я. Панченко, Н. Н. Антакова // Теор. және тәжіриб. иондануышы радиацияның төмен дозаларының әсер етуші аспектілері: Бүкіл одақтық симпоз. материалд. жиынт. 1973. – Сыктывкар, 1973. – с.147–148.
62. Tritium incorporation in rats chronically exposed to tritiated food or tritiated water for three successive generations / Z. Pietrzak–Flis, I. Radwan, Z. Major, M. Kowalska //«J. Radiat. Res.». – 1981. – 22. – № 4. –p. 434—442.
63. Rewiew of processes and parameter uncertainties of present tritium modelling RODOS (WG3) – TN (98)–07 / Dan Galeriu, N. Paunescu and W. Rascob Draft. – BUCHAREST– ROMANIA, 1998.
64. Радиациялық қауіпсіздік нормалары (РҚН–99): СП 2.6.1. 758–99. – Алматы: ҚР Денсаулық сақтау істері жөніндегі агенттігі, 1999. – 80 б. (№2-Қосымша)
65. *Москалев Ю.И.* Иттердің ағзасында алмасу кинетикасы және ^{241}Am биологиялық әсер етуі / Ю.И. Москалев [және басқалары]. // Радиобиология. – 1974. – т.19. – № 2. – б.261–265.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПЕРЕХОДА ИСКУССТВЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ В ОРГАНЫ И ТКАНИ ОВЕЦ В УСЛОВИЯХ СИП

Ж.А. Байгазинов, А.В. Паницкий, С.Н. Лукашенко, И.Ю. Силачев, С.А. Келлер, С.С. Каратаев, А.Р. Иванова

В работе представлены результаты натурных исследований по изучению особенностей перехода искусственных радионуклидов в органы и ткани овец при различных условиях и сроках их поступления. Дана количественная оценка поступления радионуклидов Т, ^{137}Cs, ^{90}Sr, $^{239+240}$Pu и ^{241}Am с компонентами окружающей среды: воздухом, водой и растительностью, при их содержании на опытно–экспериментальной площадке «Дегелен». Установлено, что биологическая доступность ^{137}Cs и ^{90}Sr для органов и тканей овец, поступивших со штольневой водой, выше, чем из кормовых растений. Биологическая доступность Т, поступившего с кормом, больше, чем Т, поступившего с водой. Определено, что независимо от времени и вида поступления, распределение ^{137}Cs , ^{90}Sr и Т в органах и тканях, имеет определенную зависимость, что дает возможность оценки содержания этих радионуклидов в различных органах по одному из них.

Ключевые слова: Семипалатинский испытательный полигон (СИП), коэффициент перехода ($К_п$), овцы, органы и ткани, биологическая доступность радионуклида, тритий (Т), цезий–137 (^{137}Cs), стронций–90 (^{90}Sr), плутоний–239+240 ($^{239+240}$Pu), америций–241 (^{241}Am).

EXPERIMENTAL STUDIES OF ARTIFICIAL RADIONUCLIDES TRANSFER IN ORGANS AND TISSUES OF SHEEP AT STS

Zh.A. Baigazinov, A.V. Panitskiy, S.N. Lukashenko, S.A. Keller, S.S. Karataev, A.R. Ivanova

The paper reports on the field studies of the peculiarities of artificial radionuclides transfer in organs and tissues of sheep for different conditions and periods of radionuclides intake. A quantitative assessment was made for intake of T, ^{137}Cs, ^{90}Sr, $^{239+240}$Pu and ^{241}Am with components of the environment: air, water and vegetation based on their actual contents at "Degelen" experimental site. It was determined that the bioavailability of ^{137}Cs and ^{90}Sr to organs and tissues of sheep intaken with tunnel water is higher than their bioavailability for intake with forage plants. Bioavailability of T intaken with food is higher than that of T intaken with water. We determined that regardless of the time and type of intake, the distribution of ^{137}Cs, ^{90}Sr and T in the organs and tissues has a dependency that makes it possible to assess the content of these radionuclides in various organs by one of them.

Keywords: Semipalatinsk Test Site (STS), transfer factor (R), sheep, tissues and organs, radionuclide bioavailability, tritium (T), cesium-137 (^{137}Cs), strontium 90 (^{90}Sr), plutonium-239+240 ($^{239+240}$Pu), americium-241 (^{241}Am).

УДК 577.391:504.74:591.146:546.11.02.3

ТРИТИЙДІҢ ТАБИҒИ ЖАҒДАЙЛАРДА ТҮСУІНІҢ ӘР ТҮРЛІ ФОРМАЛАРЫ КЕЗІНДЕГІ ОЛАРДЫҢ ІҚМ СҮТІ САРЫСУЫНДАҒЫ ШОҒЫРЛАНУЫНЫҢ ӨЗГЕРУ ДИНАМИКАСЫН ЗЕРТТЕУ

Ж.А. Байғазинов, А.В. Паницкий, С.Н. Лукашенко, С.А. Келлер, С.С. Қаратаев, О.Н. Ляхова, Л.Ф. Субботина

Зерттеу бұрынғы ССП аумағында орналасқан «Дегелең» тәжірибелік-эксперименттік алаңда жүргізілді. Бұл жұмыста тритийдің (ары қарай Т) қоршаған орта құраушылары: ауа, су және өсімдіктермен ІҚМ ағзасына әр түрлі түсу жағдайлары мен мерзімі кезінде сүт сарысуына ауысуының динамикасын зерттеу бойынша нәтижелер берілген. Т сүт сарысуында шоғырлануының тепе-теңдік жағдайы оның жемшөппен ұзақ уақыт түсуі кезінде 5–6 тәулікте анықталатыны белгіленді. Т сүт сарысуында шоғырлануының оның түсуі тоқталған соң төмендеуі зерттелді. Т өсімдік жемшөбімен ұзақ уақыт түсуі кезінде оның сүт сарысуындағы құрамының төмендеу уақыты екі реттен ~ 14 күн, ал ұзақ уақыт сумен түскенде – 2 күн құрайтыны анықталды.

Түйін сөздер: тритий (Т); ірі қара мал (ІҚМ); сүттің сарысуы; органикалық байланысқан Т (ОБТ); еркін су; өту коэффициенті ($Ө_к$).

КІРІСПЕ

Радиациялық әсерден тәуекелді бағалауға арналған қазіргі әдебиетте зерттеуіне жұмыстардың көптеген мөлшері арналған «тритий проблемасы» деген термин бәрінен жиі кездеседі. Т, сутегі изотоп ретінде оны клетка ішінде кез келген молекулаларда орнын ауыстыруы мүмкін. Оның радиоактивті β – ыдырауы молекулярлық құрылымдардың және молекула аралық байланыстардың β – сәулеленудің әсерінен, сондай-ақ Т гелий изотопына айналу нәтижесінде бұзылуына әкеледі.

Бұрынғы Семей сынақ полигоны (ССП) аумағындағы бар доза құрушы маңызды радионуклидтердің қатарына жатады. Дегелең таулы массиві және Шаған өзенінің тритиймен ластанған телімдерінде малдарды жаю жағдайында алынған мал шаруашылығы өнімдері арқылы Т адам ағзасына түсуі ерекше қауіпті, сондықтан бұл жағдай Т әр түрлі өнімдерге өтуін мұқият зерттеуге себепші болады.

Осы уақытқа дейін Т сиыр сүтінің түрлі құрауыштарына (ары қарай сүт) өтуін зерттеуге арналған бірлі жарым жұмыстар атқарылды [1]. Сиырларды бір рет тритийлі сумен суарғанда Т максималды құрамы сүттің су фракциясында және аздаған мөлшерде құрғақ заттекте табылды. Ұзақ түсуінен кейінгі (25 күн) сүттің органикалық фракциясындағы Т құрамы көп және 4% және одан жоғары болады [2]. Сиырлардың ағзасына тритийлі судың ұзақ оралды түсуі кезіндегі Т сүтке өту коэффициенті бір рет түсуіне қарағанда 8 рет жоғары [3]. Тритийлік судың созылмалы түсуі тоқтаған соң оның қаймағы алынбаған сүттегі және құрғақ заттегіндегі шоғырлануының төмендеу кезеңдері 2 рет, тиісінше, 6–6,5 және 7,5–8 күнді құрады [4].

Т сүттің органикалық құрауыштарына – ақуыз, май және лактозаға, сондай-ақ май ұлпасына – сүттерді 28 және 160-170 тәулік ағымында тритийлік сумен суарылған вегетативті ыдыстарда кептірілген шөппен қоректендіру кезінде қосылуына зерттеу жүргізілді [5]. Органикалық байланысқан 1 кБк Т (ары қарай – ОБТ) тәуліктік тұтыну

кезінде сүттегі оның ~50% органикалық фракцияларға қосылды, ал басқа жартысы су фракциясының құрамында болды. Екі сиырға фистула арқылы үлкен қарынға тритиймен ластанған шөпті 4 апта ағымында жіберген тәжірибелер жағдайында [6], Т сүттің жекелеген фракцияларына өту коэффициенті: май үшін- 0,84, казеин үшін-0,49, лактоза үшін-0,05, су үшін-0,10 құрады.

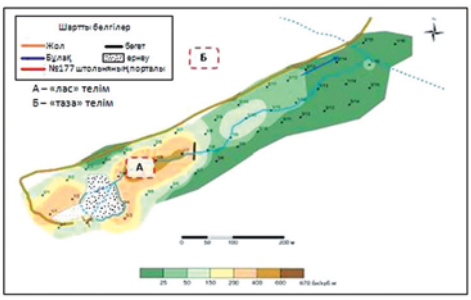
Табиғиға максималды жақын жағдайларда, яғни биологиялық құрауыштардың – ауа, су және өсімдіктердің шынайы ластанған кезіндегі алынған мәліметтер табылған жоқ. Т ІҚМ ағзасына түсуінің әр түрлі жағдайлары мен мерзімін қосатын кешенді заттай зерттеулер жоқ. Жүргізілген жұмыстар кезінде Т ингаляциялық жолмен мал ағзасына түсуі мен оның сүтке өтуі табылмағандығын атап өту керек.

Аталған жұмыс радиоактивті ластанудың табиғи жағдайларында заттай тәжірибе жасау арқылы әр түрлі жағдайлар мен түсу мерзімі кезіндегі Т сүттің сарысуына өтуінің ерекшеліктерін зерттеуге арналған.

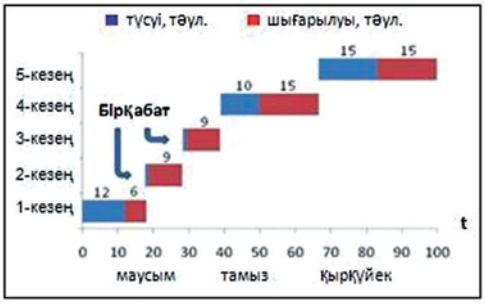
1. ЖАЛПЫ ЗЕРТТЕУ ӘДІСНАМАСЫ

Табиғи жағдайлардағы ІҚМ сүтінің сарысуындағы Т шоғырлануының өзгеру динамикасын зерттеу үшін «Дегелең» тәжірибелік-эксперименталды алаңның №177 штольня (ары қарай - №177 шт.) су ағынының экожүйесі таңдап алынды. Тәжірибе жүргізілген су ағынының экожүйесі аумағының сұлбасы суретте ұсынылған (1-сурет). Су ағыны жарылыс қуысы арқылы радионуклидтерді күндізгі жер бетіне шығара отырып, сол арқылы үлкен аумақтағы экожүйенің тритиймен және басқа да радионуклидтермен негізгі ластануын қалыптастыра отырып ағатын топырақасты суларынан жасалған [7]. №177 шт. 1983 ж. 30 наурызда ядролық қаруды жетілдіру мақсатында қуаты 0,001-20 кт ядролық зарядты сынау жүзеге асты [8].

№177 шт. су ағынының ені, негізінен, 1 м аспайды. Судың жылдық орташа мөлшері – $4,4*10^8$ л (500 л/мин көп) құрайды [9]. 2007-2008 жж. атқарылған жұмыстар бойынша бұл кезең ішіндегі штольнялық сулардағы Т шоғырлануы 300-350 кБк/л дейін құрағаны, атмосфералық ауада 1400 Бк/м^3 дейін, өсімдіктегі Т көп шоғырлануы $2,4*10^5$ Бк/кг жететіні белгілі [10].



1-Сурет. № 177 шт. су ағынының экожүйесі аумағының сұлбасы



2-Сурет. Тәжірибенің жүргізілу кезеңдері

Тәжірибе жүргізілетін орын шартты түрде екі телімге бөлінген. «Таза» –ауадағы және өсімдіктегі Т аялық шоғырлануы бар телім (0,6±0,06 Бк/м^3, 60±7 Бк/кг, тиісінше),

«лас» – алдыңғы жұмыстар нәтижесі бойынша атмосфералық ауадағы, өсімдіктегі және судағы Т ең үлкен шоғырлануы тіркелген телім (№177 шт. су ағынының арнасы). Аталған телімдерде малды ұстау үшін қашар құрылған. Зерттеу телімдерінің аумақтары мал ағзасына Т түсуінің әр түрлі түрлеріне байланысты шектелген:

- атмосфералық ауамен ұзақ уақыт түсуі кезінде (1 кезең);
- сумен бірқабат түсуі кезінде (2 кезең);
- жайылымдық шөппен бірқабат түсуі кезінде (3 кезең);
- сумен ұзақ уақыт түсуі кезінде (4 кезең);
- жайылымдық шөппен уақыт түсуі кезінде (5 кезең).

Тәжірибені жүргізу мен кезеңдерінің ұзақтығының сұлбасы суретте ұсынылған (1-сурет).

Зерттеу нысаны ретінде бір 8-9 жасар, тірі салмағы 250-260 кг, тәуліктік орташа сауылуы 6-8 кг жергілікті бір тектес сиыр таңдап алынды. Зерттеудің барлық өтілу кезеңінде байлап ұстау қолданылды. Сауу және құнарландырылған жемшөппен (кебек) қоректендіру таңертең және кешке жүргізілді. Тәжірибе жүргізу кезеңінде малдың жалпы жағдайы қалыпты деп бағаланды, қалпы белсенді, дыбысқа және ауырсынуға жақсы реакциясы байқалды, тұрған тұрысы табиғи, алайда тәжірибенің 10-15 тәулігінде тәуліктік орташа саууды 5-6 кг дейін азаюы байқалып, зерттеудің аяғына дейін сақталды. Бұл ұстаудың шарттары өзгеруіне байланысты болуы мүмкін. Ауа, штольнялық су және №177 шт. су ағынының радиоактивті-ластанған жайылымдық өсімдігі малдың ағзасына Т түсуінің негізгі көздері болып табылады.

2. КЕЗЕҢ БОЙЫНША ЗЕРТТЕУ ӘДІСТЕМЕСІ

2.1. Атмосфералық ауамен ұзақ уақыт түсуі кезінде

Малды атмосфералық ауада жоғары құрамда Т бар «лас» телімде 12 тәулік ағымында ұстады, содан соң оны «таза» телімге ауыстырып, бақылау жалғастырылды. Сауу тәулігіне екі рет, таңертең және кешке жүзеге асырылды. Радионуклидті талдама үшін күн сайын таңертеңгі сауудан соң сүттің 1,5 л іріктеп алынды. ІҚМ ағзасына атмосфералық ауамен Т түсуін анықтау үшін малды ұстаған жердегі атмосфералық ауада Т шоғырлануының өзгеру динамикасына зерттеу жүргізілді.

Атмосфералық ауада Т шоғырлануын анықтау криогенді мұздату әдісімен жүргізілді. Әдістеме негізіне ауа құрамында бар су буларының жер бетінен шық нүктелерінен төмен температурада булануға қабілеті алынды. Осы мақсатта суық өткізгіші бар радиаторды сұйық азот толтырылған Дьюар ыдысына 30-50 минутқа салады. Ауадағы бар су буларының радиатор пластин бетімен әрекеттесуі кристалдануымен аяқталады. Радиатор пластиндері бетінен шамамен 60-70 см биіктікте орналасқан. Мұздату процесі аяқталған соң сынаманы еріту үшін ыдысқа салады, сосын сүзеді. Сынамаларды іріктеп алу күні бойы 2 сағат аралықпен тәжірибенің үшінші және сегізінші күнінде жүргізілді.

2.2 . Сумен бір уақытта түсуі кезінде

Тәжірибе жүргізілетін мал бір рет ~20±0,5 литр штольнялық сумен суарылды. Сүттің бақылау сынамасы алдын ала іріктеп алынды. Алғашқы 3 тәулікте штольнялық

сумен түскеннен кейін сауу және сүт сынамасын іріктеп алу әр 4 сағаттан сайын жүргізілді. Ары қарай, 6 күн ішінде сауу күніне екі рет, таңертең және кешке жүргізілді. Талдама үшін сүт таңертеңгі саудан соң іріктеп алынды.

2.3. Жайылымдық шөппен бір уақытта түсуі кезінде

Тәжірибе жүргізілетін мал үшін «лас» телімнен ~10 кг жайылымдық шөп дайындалды (шабылды). Таңертеңгі саудан соң малды бірден жаңа шабылған шөппен қоректендіре бастады. Шөпті қарқынды жеу уақыты 3 сағатты құрады, содан соң жемшөптің 2,0±0,2 кг жуық қалдығы жиналып, өлшенді. Сол күннің кешкісінен бастап малды суару және қоректендіру дайын «таза» шөппен және сумен жүзеге асырылды. Келесі тоғыз тәуліктің ішінде сүт сарысуындағы Т шоғырлануының өзгеру динамикасы байқалды. Алғашқы 4 тәулікте сауу және сүт сынамасын іріктеп алу «лас» шөппен қоректендіруді бастағаннан кейінгі әр 6 сағат сайын жүргізілді. Ары қарайғы бес күн сауу күніне екі рет, таңертең және кешке жүргізілді, талдамаға сүт таңертеңгі саудан соң іріктеп алынды.

2.4. Сумен ұзақ уақыт түсуі кезінде

Күн сайын 10 тәулік ішінде тәжірибе жүргізілетін мал «лас» сумен суарылды. Ары қарай мал «таза» сумен суарылды және 30 күн ішінде Т сүтпен шығарылуы бақыланды. Малды барлық уақытта тек «таза» шөппен ғана қоректендірілді. Сауу күніне екі рет, таңертең және кешке жүргізілді. Талдамаға сүт таңертеңгі саудан соң іріктеп алынды. Суару процесінде тәжірибе жүргізілетін малды суаратын судың мөлшеріне күнделікті есептеу жүргізілді.

2.5. Жайылымдық шөппен бір уақытта түсуі кезінде

Күніне 15 тәулік ішінде бір күнде екі рет тәжірибе жүргізілетін мал үшін «лас» телімде өсірілетін өсімдік шабылды және олармен қоректендірілді. Ары қарай мал «таза» шөппен қоректендіруге көшірілді және 20 күн ішінде сүт сарысуындағы Т шоғырлануының өзгеру динамикасын бақылау жалғастырылды. Сауу күніне екі рет, таңертең және кешке жүргізілді. Талдамаға сүт таңертеңгі саудан соң іріктеп алынды. Қоректендіру процесінде тәжірибе жүргізілетін малдың жеген шөбінің санын күнделікті есептеу жүргізілді. Малға берілетін өсімдіктегі Т құрамына бағалау жүргізілді.

2.6 . Сынамаларды дайындау және Т өлшеу әдістемесі

Әр сауған сайын тәжірибе жүргізілетін сиыр толықтай сауылады. Радиологиялық талдамаға сынамаларды дайындау сүтті 20–22 ºС (қышқылдандырусыз) температурада ~2 тәулік ұстай тұрып, іріту жолымен жүргізілді. Ірітілген сүт өлшемі 1 мм елек арқылы сүзілді. Алынған сүт сарысуынан Т анықтау үшін 100 ºС температура кезіндегі дистилляция әдісімен сараптамалық үлгі дайындалды. 10 мл мөлшеріндегі алғашқы алынған конденсат алынып тасталды, ал талдамаға келесі 5–6 мл іріктеп алынды. Штольнялық судағы, ауадағы, сүт сарысуының су фракциясындағы және өсімдіктің бос суындағы тритийдің белсенділігі TRI CARB 2900 TR бета-спектрометрінде, ISO 9698 халықаралық стандарты бойынша зерттеудің сұйық сцинтилляционды әдісімен өлшенді [11]. Өлшеулердің сараптамалық қатесі 30 % аз құрайды.

2.7 . Т сүт сарысуына өту коэффициентін есептеу

Қоршаған ортадан сүт сарысуына Т түсу деңгейінің параметрі ретінде сүт сарысуының тиесілі белсенділігінің (Бк/л) күн ағымында мал ағзасына ауамен немесе пайыздарда көрсетілген рационмен (Бк/тәул.) түскен радионуклидтің жиынтық мөлшеріне қатынасы ретінде есептелетін радионуклидтің өту коэффициенті $Ө_к$ пайдаланылды:

$$Ө_к = \frac{A_{сс}}{A_{тәул.}} \quad *100, \text{ бұл жердегі}$$

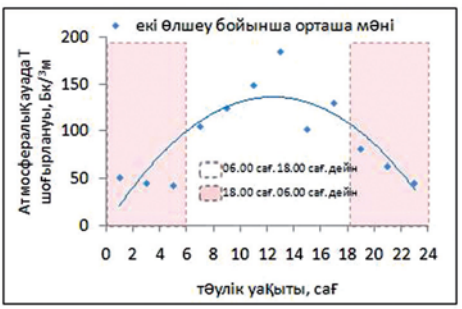
$A_{сс}$ – сүт сарысуындағы Т тиесілі белсенділігі, (Бк/л);
$A_{тәул.}$ – 24 сағат ішінде малдың ағзасына түскен Т жиынтық белсенділігі, Бк/тәул.

3. ЗЕРТТЕУДІҢ ҚОРЫТЫНДЫЛАРЫ МЕН ТАЛҚЫЛАУ

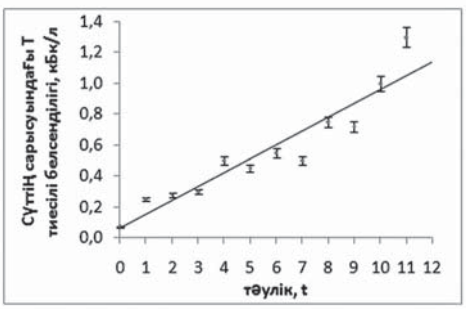
3.1 . Атмосфералық ауамен ұзақ уақыт түсуі кезіндегі сүт сарысуындағы Т шоғырлануының өзгеру динамикасын зерттеу.

3.1.1. Мал ағзасына Т түсуін бағалау

Екі өзгеріс нәтижесінде алынған орташа мәндер негізінде атмосфералық ауадағы Т шоғырлануының өзгеру динамикасы құрылды. Суретте (3-сурет) көрсетілгендей, атмосфералық ауадағы Т шоғырлануы тәулік ағымында қатты өзгереді. Сондықтан тәуліктік түсуді есептеу кезінде орташа мәндер 2 бөлікке бөлінді, өйткені тыныс алатын ауаның көлемі демалыс кезінде, ояу кезінде және көректену кезінде өзгеріп отырады. Мысалы, ауадағы Т орташа шоғырлануы 06.00 сағаттан 18.00 сағ. дейінгі күндізгі уақытта және 18.00 сағаттан 06.00 сағатқа дейінгі түнгі уақытта тиісінше ~133 Бк/м^3 және ~55 Бк/м^3 құрады. Әдеби деректерге сәйкес [12] күндізгі уақытта 12 сағат ағымында тыныс алатын ауа көлемі ~72 м^3, түнде ~36м^3 құрайды. Орташа алғанда, 24 сағат ағымында мал ағзасына атмосфералық ауадағы Т түсуі ~11,5 кБк/тәул. құрады.



3-сурет. Мал ұстап тұрған жерде тәулік ағымында атмосфералық ауадағы Т шоғырлануының өзгеру динамикасы



4-сурет. Атмосфералық ауамен түсуі кезіндегі сүт сарысуындағы Т белсенділігі

3.1.2. Сүт сарысуындағы Т шоғырлануын бағалау

Бірінші кезең бойынша зерттеу нәтижелері суретте (4-сурет) бейнеленген, осыдан көрінетіні, ІҚМ ағзасына Т атмосфералық ауамен түсуі кезіндегі 12 күн ағымында

сүт сарысуындағы Т шоғырлануының іс жүзіндегі сызықты ұлғаюы жүзеге асады және тепе-теңдік жағдайға қол жеткен жоқ. Бұл кезде тәжірибе басталғаннан кейінгі 11-күнде сүт сарысуындағы Т шоғырлануы 1,3±0,1 кБк/л ($Ө_к$=~11,3 %) құрады.

Біздің алған нәтижелеріміз мал ағзасына Т аэралды түсуі мал шаруашылығының ластануына маңызды үлес қосуы мүмкін екенін көрсетеді.

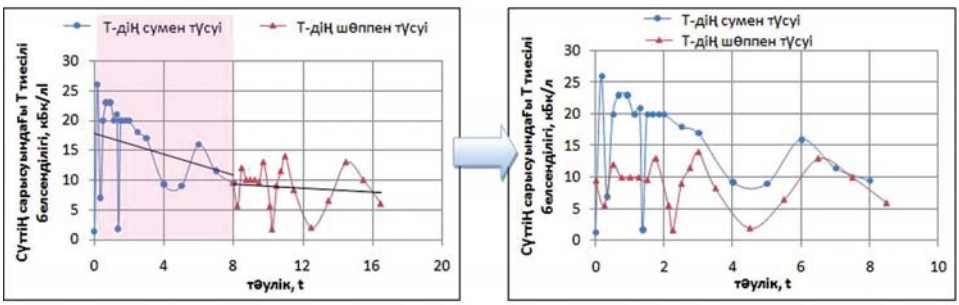
3.2. Штольнялық сумен бір уақытта сүт сарысуындағы Т шоғырлануының өзгеру динамикасын зерттеу

3.2.1. Мал ағзасына Т түсуін бағалау

Орташа алғанда 330 кБк/л құрайтын штольнялық судағы Т шоғырлануы туралы деректер және суарылған судың мөлшері негізінде тәжірибе жүргізілген малдың ағзасына Т түсуі есептелді, ол ~6500 кБк/тәул. құрады.

3.2.2. Сүт сарысуындағы Т құрамын бағалау

Сумен бір уақытта түсуі кезінде сүт сарысуындағы Т шоғырлануының өзгеру динамикасы суретте ұсынылған (5-сурет, а). Сумен түсуі нәтижесі кезінде сүт сарысуындағы Т максималды шоғырлануы 26±2,6 кБк/л ($Ө_к$=~0,4) құрады және суарғаннан кейінгі 4 сағаттан соң тіркелді. Ары қарай сүт сарысуындағы Т максималды шоғырлануының төмендеуі және малды «таза» рационға ауыстырғаннан кейінгі 8 сағ. және 33 сағ. күрт төмендеуі байқалды. Үшінші тәулікте шоғырланудың төмендеуі секірмелі күйге айналады.



а б

5-сурет. Сумен және жайылымдық шөппен бір уақытта түсуі кезінде сүт сарысуындағы Т шоғырлану динамикасы

3.3. Жайылымдық шөппен бір уақытта түсуі кезінде сүт сарысуындағы Т шоғырлануының өзгеру динамикасын зерттеу

3.3.1. Мал ағзасына Т түсуін бағалау

Мал ағзасына Т түсуін бағалау үшін өсімдіктің бос және органикалық байланысқан суымен түсуі есептелді. Өсімдіктің бос суын анықтау алғашқы және гигроскопиялық ылғалды анықтау стандартты әдістемесі бойынша жүргізілді [13]. Өсімдіктің бос суының мөлшері орташа алғанда 70±10 % (min – 56 %, max – 83 %) құрайтыны

анықталды. Қоректендіру алдында жемшөптің жалпы массасынан іріктеп алынған өсімдіктердің бос суындағы Т шоғырлануын анықтау нәтижелері Т белсенділігінің орташа алғанда 270±30 кБк/л құрайтыны анықталды. Органикалық байланысқан суды анықтау есептеу әдісімен жүргізілді. Өсімдіктің құрғақ заттегіндегі органикалық байланысқан судың ~60 % құрайтыны ескерілді. Өсімдіктің органикалық байланысқан судағы Т белсенділігі өсімдіктің бос суындағы Т белсенділігіне тең қабылданды. Мысалы, бір уақытта түскен Т жалпы мөлшері (3 сағат ағымында) ~1900 кБк құрады.

3.3.2. Сүт сарысуындағы Т құрамын бағалау

Шөппен бір уақытта түсуі кезіндегі Т сүт сарысуындағы шоғырлануының өзгеру динамикасы суретте берілген (5-сурет, а). Қисық сызықтың сипаты күрделі, аталған кезеңде түсіндіруге жатпайтын және қосымша зерттеулерді талап етеді. Алайда, егер екі қисық сызықты да салыстырғанда (5-сурет, б) қоректендіру мен суарудан кейінгі үшінші күннен бастап өзгерулердің бір тектілігі байқалады, бұл сүт пайда болған кездегі малдың физиологиялық ерекшеліктері туралы айтуы мүмкін. Сүт сарысуындағы Т максималды шоғырлануы – 14 кБк/л ($Ө_к$=~0,6) қоректендіру басталған кейінгі 72 сағаттан соң ғана бекітілді.

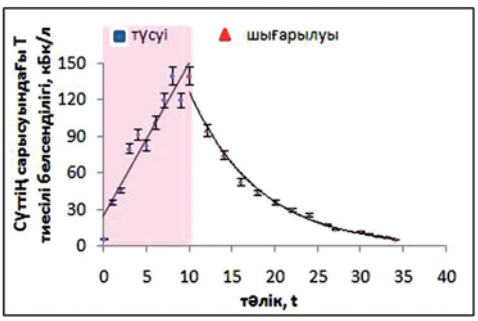
3.4. Ауыз сумен ұзақ уақыт түсуі кезінде сүт сарысуындағы Т шоғырлануының өзгеру динамикасын зерттеу

3.4.1. Мал ағзасына Т түсуін бағалау

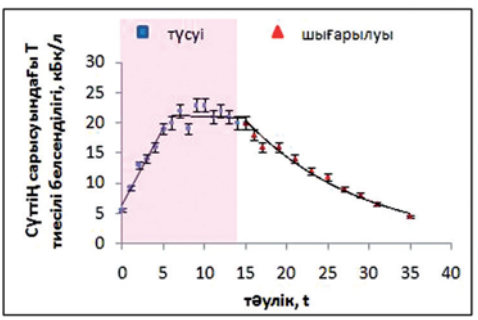
Мал ағзасына Т түсуін бағалау үшін 10 күн ағымында суарылатын «лас» суды есептеу жүргізілді. Он күн ішіндегі барлығы ~220 литр су ішілді. Тәжірибелік малдың ағзасына Т сумен түсуін бағалау үшін № 177 шт. су ағыны суындағы Т шоғырлануының өзгеру динамикасы зерттелді. Тәжірибенің барысында Т шоғырлануы өзгермегені және тұрақты болғаны (320-340 кБк/л) анықталды. Осы деректер негізінде Т сумен тәуліктік орташа түсуіне есептеу жүргізілді, бұл түсу ~ 7300 кБк/тәул. құрады.

3.4.2. Сүт сарысуындағы Т құрамын бағалау

Сумен ұзақ уақыт түсуі кезінде сүт сарысуындағы Т шоғырлануының динамикасы суретте берілген (6-сурет).



6-сурет. Сумен ұзақ уақыт түсуі кезінде Т сүт сарысуындағы шоғырлануының динамикасы



7-сурет. Жайылымдық шөппен ұзақ уақыт түсуі кезінде Т сүт сарысуындағы шоғырлануының динамикасы

Суретте көрсетілгендей, сүт сарысуындағы Т шоғырлануының сумен түсуінің барлық 10 күн ішінде өсуі жалғаса берді және тепе-теңдік қалыпқа жеткен жоқ. Алайда түсуінің соңғы күндерінде сүт сарысуындағы Т шоғырлануы 120–140 кБк/л шегінде құбылды. Осы кезеңде ағзаның радионуклидпен толуы жүзеге асуы және сүт сарысуындағы Т шоғырлануының теп-теңдік қалыптың фазасы орнауы мүмкін. Сүт сарысуындағы Т максималды шоғырлануы түсудің 8-10 күнінде 140 кБк/л ($Ө_к$=~2%) құрады. Штольнялық судың шығарылуы тоқтаған соң сүт сарысуындағы Т шоғырлануы өзгеру динамикасының төмендеудің экспоненциалды сипаты бар, мұны келесі теңдеумен жуықтатуға болады (1):

$$A=410e^{-0,12t} \quad (1)$$

Сонымен, сүт сарысуындағы Т шоғырлануының азаю уақыты екі рет ~ 2,5 күнді құрайды.

3.5 . Жайылымдық шөппен ұзақ уақытта түсуі кезінде сүт сарысуындағы Т шоғырлануының өзгеру динамикасын зерттеу

3.5.1. Мал ағзасына Т түсуін бағалау

Мал ағзасына Т түсуін бақылау үшін күнделікті желінген жайылымдық шөпті есептеу жүргізілді. Өсімдіктің бос суындағы Т белсенділігін анықтау әр үш күн сайын іріктеп алынған өсімдік сынамалары негізінде жүргізілді. Өсімдіктің бос суындағы Т орташа шоғырлануы 80±9 кБк/л құрады. Өсімдіктегі органикалық байланысқан судың мөлшері мен Т белсенділігін есептеу жоғарыда суреттелген әдістемеге ұқсас жүргізілді. Берілген жемшөп мөлшерін, ондағы органикалық байланысқан және бос судың орташа мөлшерін есепке ала отырып, ағзаға Т жалпы тәуліктік түсуі есептелді (1-кесте). Т сүт сарысуына өтуін есептеу ~ 1100 кБк/тәул. құраған радионуклидтің жемшөптегі тәуліктік орташа белсенділігі пайдаланылды.

1-Кесте

Тәжірибе жүргізілетін малдың ағзасына Т тәуліктік түсуі

Күндер саны	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Желінген шөптің саны, кг	18	18	15	15	16	16	14	13	15	15	16	15	15	16	16
ӨБС* Т тәуліктік түсуі, кБк	1033	1033	861	861	918	918	804	746	861	861	918	861	861	918	918
ӨОБС Т тәуліктік түсуі, кБк**	266	266	221	221	236	236	207	192	221	221	236	221	221	236	236
Жалпы түсу, Бк/тәул.	1299	1299	1082	1082	1155	1155	1010	938	1082	1082	1155	1082	1082	1155	1155
Ескерту: *ӨБС – өсімдіктің бос суы; **ӨОБС – өсімдіктің органикалық байланысқан суы															

3.5.2. Сүт сарысуындағы Т құрамын бағалау

Сүт сарысуындағы Т шоғырлануы динамикасының қисық сызығы (7-сурет) жайылымдық шөппен созылмалы енгізуі кезіндегі «түсуін» 2 фазаға бөлуге болады: 1 тәуліктен 5 тәулікке дейін – сүт сарысуындағы Т шоғырлануының қарқынды жоғарылау фазасы, 6 тәуліктен 15 тәулікке дейін – сүт сарысуындағы Т шоғырлануының тепе-теңдік қалпының фазасы. Сүт сарысуындағы Т максималды шоғырлануы 9–10 тәулікте белгілі болды (23 кБк/л, $Ө_к$=~1,8 %). Тритиймен ластанған жайылымдық шөппен қоректендіру тоқтатылған соң сүт сарысуындағы Т шоғырлануының төмендеу динамикасы теңдеумен суреттелген экспоненциалды қисық сызықпен берілуі мүмкін (2):

$$y=58e^{-0,07} \quad (2)$$

Сонымен, сүт сарысуындағы Т шоғырлануының азаю уақыты ұзақ уақыт жайылымдық шөппен түсуі кезінде екі рет ~ 14 күнді құрайды, бұл ұзақ уақыт сумен түсуі кезіндегіге қарағанда 6-7 рет ұзақ.

ҚОРЫТЫНДЫ

ІҚМ ағзасына атмосфералық ауамен Т түсуі кезінде 12 күн ағымында сүт сарысуындағы Т шоғырлануының іс жүзіндегі тізбекті ұлғаюы жүзеге асады, бұл кезде теп-теңдік қалыптың фазасына жеткен жоқ. Алынған нәтижелер мал ағзасына Т аэралды түсуі мал шаруашылығы өнімдерінің ластануының қалыптасуына маңызды үлес қосу мүмкін екенін көрсетті.

Жайылымдық шөппен және сумен бір уақытта түсуі кезіндегі сүт сарысуындағы Т шоғырлануының динамикасының болжамды сүт пайда болған кездегі малдың физиологиялық ерекшеліктеріне байланысты күрделі көп мағыналы сипаты бар, бұл қосымша зерттеуді талап етеді.

Жүргізілген зерттеулер Дегелең таулы массиві жағдайында Т жайылымдық шөппен созылмалы түсуі кезінде сүт сарысуындағы оның шоғырлануының тепе-теңдік қалпы 5-6 күнде байқалатыны анықталды. Атмосфералық ауамен және ауызсумен созылмалы түсуі кезінде таңдап алынған уақыт аралығындағы Т шоғырлануының тепе-теңдік қалпы сол күйі болған жоқ.

Өз кезегінде, Т жайылымдық шөппен созылмалы түсуінен кейінгі сүт сарысуындағы Т шоғырлануының төмендеуі ауыз сумен созылмалы түсуінен кейінгіге қарағанда баяуырақ жүреді. Мысалы, сумен созылмалы түсуінен кейінгі Т 50% төмендеуі ~2 тәуліктен соң болды, жайылымдық шөппен созылмалы түсуінен кейінгі төмендеуі ~14 тәуліктен соң жүзеге асты.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. 3rd Meeting of the EMRAS II Working Group 7, “Tritium”, IAEA Headquarters, 25 – 29 January. - Vienna, Austria, 2010.
2. *Van den Hoek J.* Excretion of organic inorganic tritiated compounds in cow`s milk after ingestion of tritium oxide / Van den Hoek J., Gerber G.B., Kirchmann R. // Radiat. Prot. Syst. Approach Safety. Proc. 5th Congr. Int. Radiat. Prot. Soc., Ierusalem, 1980. - Vol. 2. – Oxford, 1980. – P. 1068-1071.
3. *Van Bruwaene R.* Contamination of farm animals by different tritiated precursors and influence on the food chain / Van Bruwaene R., Kirchmann R., Van den Hoek J. // Int. J. Radiat. Biol. – 1976. – 29. - № 6. – P – 582.
4. *Kistner G.* Asscheidung von Tritium uber die Milch nach Dauerinkorporation von Tritium-Wasser (1. Mitt) / G.Kistner , Zur Frage der // Atomkernenergie . – 1974. – 23. - №3. - P. 167-171.
5. *Van den Hoek J.* Metabolism of ingested organically bound tritium in organic milk constituents and in tissues of two species of ruminants / Van den Hoek J., G.B. Gerber // Radiat. – Risk. – Protect. 5 th Int. Cogrr., Berlin (West), 7-12 May, 1984. - Vol. 1. - Koln, 1984. - P. 470-472.
6. *Van Den Hoek J.* The transfer of tritium-Labeled organic material from grass into cow`s milk / Van Den Hoek J., Ten Have M.N. J., G.B.Gerber, R. Kirchmann // Radiat. Res. – 1985. – 103. - № 1. - P. 105—113.
7. *Ахметов М.А.* Семей сынақ полигоны Дегелең таулы массивіндегі су ағындарының радиациялық мониторингі және реабилитация мәселелері / М.А.Ахметов, О.И.Артемьев, Л.Д.Птицкая // ҚР ҰЯО Жаршысы. Радиоэкология. Қоршаған ортаны қорғау. – 2000. - 3(9) шығарылым. - 23-28 б.
8. Радиометриялық параметрлер аяүсті мәндерінің кестелері бар ландшафтты-экологиялық, радиоэкологиялық карталар: ҒЗЖ туралы есеп / ҚР ҰЯО РҚЭИ; орынд. Э.Г. Хасанов – 1999. - Инв. № 0-284.
9. «Қазақстан Республикасындағы атом энергетикасының дамуы» 0346 ҒТБ бойынша орындалған ҚР ҰЯО Радиациялық қауіпсіздік және экология институты ғылыми-техникалық қызметі туралы 2005 жылға арналған есеп: ҒЗЖ туралы есеп (ақпараттық) / басш. Л.Д.Птицкая – Курчатов. – 2005. – 39 б.
10. 2008 жылға арналған радионуклидтердің топырақтағы, судағы, өсімдіктердегі, малдардағы жылыстауын кешенді зерттеу және радиацияның аз созылмалы дозасының «Дегелең» таулы массивінің су шыққан штольнялар орындарындағы биологиялық нысандарға әсері: / ҒЗЖ туралы есеп (ақпараттық) / ҚР ҰЯО РҚЭИ; басш. С.Н.Лукашенко – Курчатов. – 2008. – 34 б.
11. Судың сапасы – аталған шоғырлануға сәйкес Т белсенділігін анықтау – сцинтилляциондық есептеудің сұйықтық әдісі: ISO 9698 Халықаралық стандарты.
12. Жануарлардың физиологиясы: оқу құралы / А.Г.Хрипкованың, А.Б. Коганның, А.П. Костиннің ред.. - М: Ағарту, 1972. – 190 б.
13. М.Н.Абановтың зоотехникалық талдамасы бойынша зертханалық сабақтарға арналған әдістемелік нұсқау- Семей, 1984. – 25б.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ТРИТИЯ В СЫВОРОТКЕ МОЛОКА КРС ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМАХ ЕГО ПОСТУПЛЕНИЯ В ЕСТЕСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Ж.А. Байгазинов, А.В. Паницкий, С.Н. Лукашенко, С.А. Келлер, С.С. Каратаев, О.Н. Ляхова, Л.Ф. Субботина

Исследования проведены на опытно-экспериментальной площадке "Дегелен", расположенной на территории бывшего СИП. В работе представлены результаты по изучению динамики перехода трития (далее – Т) в молочную сыворотку при различных условиях и сроках поступления его в организм КРС с компонентами окружающей среды: воздухом, водой и растительностью. Установлено, что равновесное состояние концентрации Т в молочной сыворотке при его длительном поступлении с кормом устанавливается на 5-6 сутки. Изучено снижение концентрации Т в молочной сыворотке после прекращения его поступления. Выявлено, что при длительном поступлении Т с растительным кормом время снижения его содержания в сыворотке молока в 2 раза составляет ~14 дней, а при поступлении с водой – 2 дня.

Ключевые слова: тритий (Т); крупнорогатый скот (КРС); сыворотка молока; органически связанный Т (ОСТ); свободная вода; коэффициент перехода ($К_п$).

s*TUDY OF TRITIUM CONCENTRATION DYNAMICS IN LACTOSERUM OF CATTLE FOR VARIOUS FORMS OF ITS INTAKE UNDER NATURAL CONDITIONS*

Z.A. Baigazinov, A.V. Panitsky, S.N. Lukashenko, S.A. Keller, S.S. Karatajev, O.N. Lyakhova, L.F. Subbotina

Studies were carried out at "Degelen" experimental site located within the former STS. The paper presents findings on the dynamics of tritium transfer (hereinafter - T) into lactoserum under various conditions and timing of its intake in the body of cattle with components of environment: air, water and vegetation. We determined that the equilibrium state of T concentration in lactoserum is reached after 5-6 days of its prolonged intake with food. There has also been studied impoverishment of T concentration after the cessation of its intake. It was revealed that at prolonged intake of T with vegetable food it takes ~14 to impoverish its content in lactoserum for 2 times, at intake with water - 2 days.

Key words: tritium (T); cattle; lactoserum; organically bound T (OBT); free water, transfer (Kn).

БӨЛІМ: ССП-ғы ҚАУІПТІҢ «РАДИАЦИЯЛЫҚ ЕМЕС» ФАКТОРЛАРЫ

УДК 577.4: 622.278: 621.039.9

«БАЛАПАН» АЛАҢЫНДАҒЫ АПАТТЫҚ СИПАТТАҒЫ ҮРДІСТЕР АҒЫСЫНЫҢ МҮМКІНДІГІН БАҒАЛАУ

С.Б. Субботин, С.Н. Лукашенко, С.В. Генова, Л.А. Русинова*, А.В. Дроздов*, Л.М. Чернова**

Бұл мақалада тау жыныстарының жерасты газдануы процестерімен және отырықшы көріністермен байланысты жерасты ядролық жарылыстардың (ЖЯЖ) зардабын зерттеу нәтижелері берілген. «Балапан» сынақ алаңындағы «әскери» ұңғымалар жайлы әдеби және қордағы көздердегі мәліметтер жинағы, олар жайлы толық жинақ құруға және орналастыру сұлбасын құруға мүмкіндік берді. Алдын ала тексеру жұмыстарын өткізу барысында алынған зерттеулердің нәтижелері бойынша бірқатар ұңғымалардағы ойық көріністер анықталды, эпицентралды аймақтарға жасалған топографикалық мониторинг деректері бойынша олардың қарқыны жайлы алғашқы деректер алынды. Бұл мақалада сонымен қатар, ЖЯЖ орталық аймақтары орналасқан, тау жыныстарының қатпарларынан жердің бетіне шығатын газдардың шоғырлануын және құрамын зерттеу бойынша нәтижелер ұсынылды. ЖЯЖ эпицентралды аймақтарындағы ұзақ мерзімді геотермалды белсенділіктің қалдықты көріністеріне байланысты қауіптілік мәніне, апаттық сипаттағы жергілікті үрдістер сипатындағы баға берілді. Өткізіліп жатқан жұмыстардың ақпараттылығын арттыру үшін, зерттеудің қосымша әдістерін қолдану бойынша кеңестер берілді.

Түйін сөздер: Семей сынақ полигоны, көміртегі оксиді, метан, күкіртті сутек, жерасты газдану, термикалық деструкция, газ бөліну.

КІРІСПЕ

Радиациялық әсер етуден басқа, бұрынғы Семей сынақ полигонының (ССП) аумағында басқа бірқатар қатерлер орын алған, олар жерасты ядролық жарылыстардың (ЖЯЖ) эпицентралды аймақтарындағы ұзақ мерзімді геотермалды белсенділіктің қалдықты көріністерінің әсерлеріне байланысты және бұзылмаған «қазаншұңқыр» қуысының орын алуы.

Сол кездері ЖЯЖ өткізу барысында Курчатов қ. жұмыс жасаған әскери және азаматтық мамандардың куәлік етуі бойынша, ұңғымалардан газдардың қарқынды түрде шығу жағдайы жиірек болған. Бірнеше рет газдардың өздігінен жануы және оның бірнеше тәулік бойы тұрақты түрде жануы орын алып тұрған. Аумақтың газдануының апаттық көрінісі 1992 жылдың сәуір айында «Балапан» алаңының сағалық теліміндегі «Глубокая» әскери ұңғымасында болған еді (ЖЯЖ 1977 ж. жүргізілді). 1992 жылдың сәуір айында осы әскери ұңғыманың маңайында беткі жер қабатының кенеттен қазаншұңқыр тәріздес отыруы (ойылуы), құлауы орын алды. Ойықтың пайда болуынан өрт шығып, жарылыс болды. Қазіргі уақытта пайда болған қазаншұңқырдың диаметрі 200 м асады және тереңдігі 20 м-ге дейін. Аталған жайтты апаттық сипаттағы ауқымды көрініс ретінде бағалауға болады. Бұл жағдай аталған ұңғымада ядролық жарылыс өткізілгеннен кейін 15 жылдан соң орын алған болатын. ССП ЖЯЖ өткізу тарихында бұндай әсер жарылыс уақытында да, одан кейін де байқалмаған болатын.

* ҚР ҰЯО Геофизикалық зерттеулер институты, Курчатов
** ҚР ҰЯО Атом энергиясы институты, Курчатов

Көп уақыт бойы «Глубокая» ұңғымасындағы бұл жайт қауесеттермен және түрлі әңгімелерге толы болды, алайда бұл мәселені жүйелік және жете тексеру тек 2007 ж. ғана «ССП қауіпсіздігін қамтамасыз ету» 011 салалық бағдарламасы шеңберінде басталды. Күн тәртібіндегі: бұндай көріністер қайталанылуы мүмкін бе және басқа «әскери» ұңғымалардағы жағдай қандай деген логикалық сұраққа жауап табу қажет болды.

1. «БАЛАПАН» АЛАҢЫНДАҒЫ АПАТТЫҚ СИПАТТАҒЫ КӨРІНІСТЕРДІҢ ПАЙДА БОЛУЫНЫҢ АЛҒЫШАРТЫ

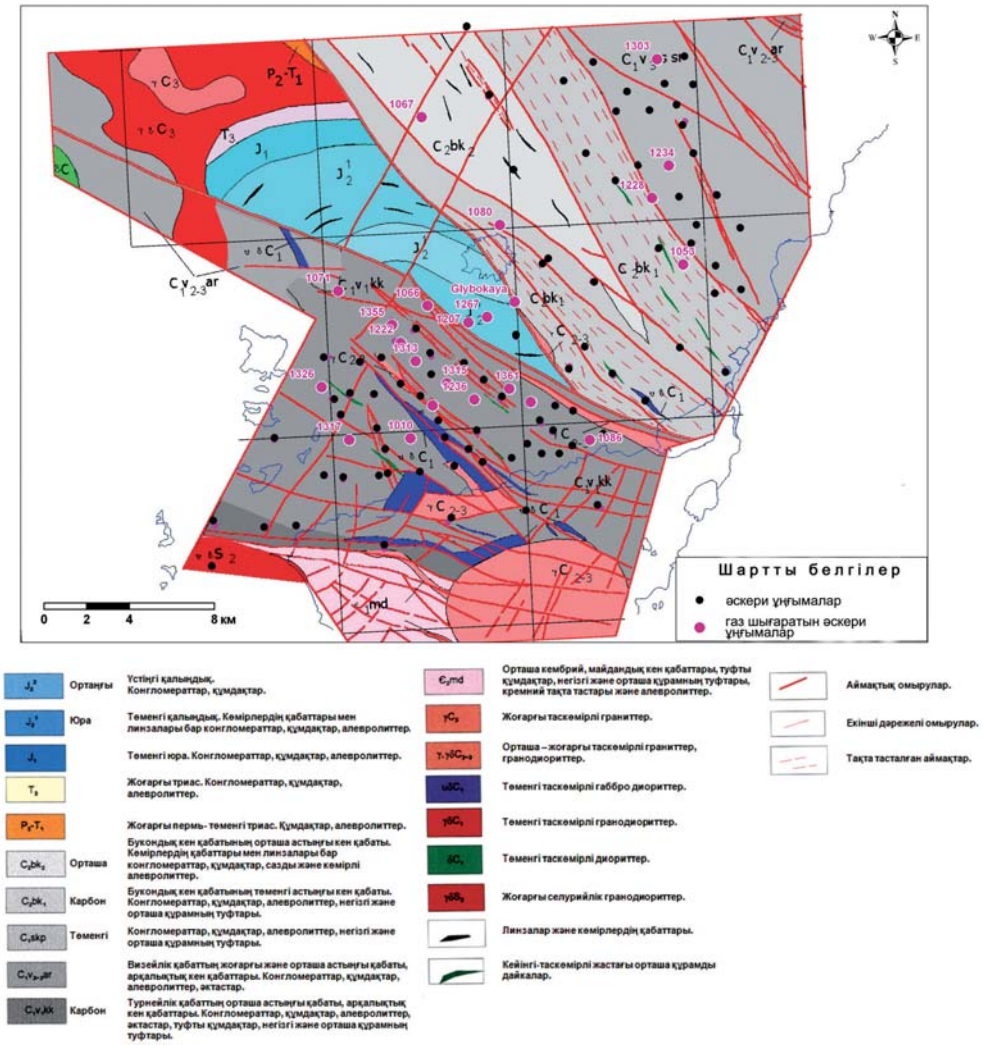
1.1. «Балапан» алаңының геологиялық құрылымы және гидрогеологиялық жағдайы

ССП аумағы кең көлемді палеозойлық Орал-Монғол белдігінің шығыс секторының құрамына енеді. Осы аумақтың шегінде қарастырылып жатқан қатпарлы құрылыстар екі негізгі тектоникалық құрылғыларға жатады: каледондық Шыңғыс-Тарбағатайлық мегантиклинория және герциндік Зайсандық қатпарлы жүйеге жатады. Бұл құрылғылар арасындағы шекара күрт құлайтын тереңдіктегі Қалба-Шыңғыстық омырылу бойымен өтеді. Бұл қатпарлы құрылымдар өзінің даму тарихымен ғана емес, сонымен қатар жасы және негіздің кешенді қатпарлы құрылым бойынша да ерекшеленеді. Төменде олардың қысқаша сипаттамасы келтірілген.

Балапан алаңы ССП шегінде, оның оңтүстік-шығыс бөлігінде, Курчатов қ. 100 км арақашықтықта орналасқан. Балапан алаңының геологиялық құрылымы (1-сурет) оның Жарма синклинория шатқалының оңтүстік-батысындағы, геотектогенездің герциндік циклында қалыптасуымен анықталады.

Кембрийлік жүйе. Ауданның оңтүстігінде, Қалба-Шыңғыстық омырылумен, каледондық Шыңғыс-Тарбағатайлық мегантиклинориямен ашылады, олар орта кембрия жыныстарымен қатпарланған, ірі орта-жоғарғытаскөмірлі гранитті интрузиямен бұзып жарылған. Бұл шөгіндінің жасы майдандық кен қабаттармен біріктірілген, ол екі қалыңдыққа бөлшектенген: төменгі жанартау-терригенді және жоғарғы-терригенді-кремнийлі. Шөгінділердің қалыңдығы 1120 м-ге дейін.

Таскөмірлі жүйе. Таскөмірлі жүйенің шөгінділері Балапан алаңының көп болігін алып жатыр. Алаңның оңтүстік-батыс бөлігінде негізінен кокондық кен қабаттары таралған, Шыңырау геоблоктың шегінде, Қалба-Шыңғыстық және Шыңырау омыраулары арасында орын алған. Жыныстар әлсіз ашылған және түрлі омырулармен тектоникалық блоктарға бөлшектенген. Интрузия және тектоникалық процестер әсерінен шөгінді жыныстары мүйізденген, тақтатасталған және кварцталған. Кен қабаттарының құрамы карбонатты-кремнийлі-құмды-тақтатасты лаваның сирек қабаттарымен және андезитті туфтармен және андезитті-базальтті порфириттермен бөлінген. Кен қабаттарының ішкі құрылымы кесінділердің тұрақсыз фациалдарымен, байланыстық және дислокационды метаморфизмнің кең түрде дамуымен қатпарланған. Шөгінділердің жалпы қалыңдығы 2300 м-ге дейін жетеді.



1-Сурет. Балапан алаңының масштабы 1:50 000 геологиялық картасы

Балапан алаңының шегіндегі арқалық кен қабаттарының шөгінділері күндізгі жер бетіне Жарма аймағында солтүстік-батыс жазығының алабы ретінде шығар жолдары бар, телімнің солтүстік-шығысында, Байғозы-Бұлақты омырылудың артқы жағында орналасқан. Бұл жерде солтүстік-шығыстан арқалық кен қабаттарының түзілуі еріктен тыс сиректасты кен қабаттарының шөгінділерімен (базальды конгломераттар негізінде), ал оңтүстік-батыстан – орта-жоғарғы карбон конгломераттарымен жабылуда. Шөгінділер конгломераттар, гравелиттар, құмдақтар және алевролиттер порфиритті және олардың туфтарының базальтты қабаттармен, әктасты-кремнийлі алевроқұмдақтар түрінде келтірілген. Арқалықтық кен қабаттарының шөгінділері қалың қабаттары, жиынтық қалыңдығы шамамен 4000 м-ді құрайды.

Сиректаулы кен қабаттарының шөгінділері аумақтың солтүстік-шығысында алаңдық кең түрде таралған және Байғозы-Бұлақ және Солтүстік-Жанан омыруларымен шектелген тектоникалық блокты құрайды. Төмен жатқан қатпарлармен байланысы тектоникалық. Кен қабаттарының кесіндісінде орташа және негізгі құрамдағы туфтардың таралуы басым. Андезитті порфириттердің туфтары жасыл-сұр, кей телімде ақшыл-сұр түсті псаммо-псефитті тәртіпсіз текстура құрылымды. Кен қабаттарының шөгінділері солтүстік-батыс бағыттағы қатпарларға мыжылған және көп мөлшердегі жан-жаққа бағытталған жарылған бұзылулармен жеке блоктарға бөлінген. Кен қабаттарының жиынтық қалыңдығы 1500–3700 м.

Букондық кен қабаттарының шөгінділері Жанан геоблогын құрайды, ол Байғозы-Бұлақ және Шыңырау омыруларының арасында орналасқан. Шөгінділердің құрамын құруға континенталды және субконтиненталды шөгінділер қатысады, олар литологиялық құрамы бойынша екі кенасты қабатына бөлінеді. Оның кесінділері құмдақтардың, конгломераттардың, алевролиттердің, көмірлі тақтатастардың қыртыстарымен және көмірлердің линзаларының жиі түрде қайта қатпарлануымен келтірілген. Букондық кен қабаттарының шөгінділерінің жалпы қалыңдығы 2500–3000 м-ді құрайды.

Триастық жүйе. Триасты жүйенің шөгінділері телімнің солтүстік бөлігінде анықталды, ол жерде Ақбота омырылуалды жалпақтығы 1,5–2 км болатын иілімнің оңтүстік бөлігін құрайды, ол Шыңырау омырылуының оңтүстік-батыс бүйірінде 30 км бойында байқалады. Шөгінділердің кесіндісі негізінде базалды конгломераттар орын алған. Оларда ұсақ түйіршікті құмдақтар және линзалы алевролиттер мен көмірдің қабаттары жатыр. Бұл жерде базальттар мен андезиттердің аз қуатты көкжиектері байқалады. Кесіндінің жоғарғы қабаты ірі түйіршікті құмдақтар және гравелиттердің қайта қатпарлану түрінде келтірілген. Шөгінділердің қалыңдығы 350 м-ге дейін.

Юралық жүйе. Төменгі юраның шөгінділері, сәйкесінше, жоғарғы триас жынысында жатады немесе тікелей гранитті іргетаста орындалады және екі кен қабатына бөлінеді.

Жоғарғы көмірі бар кен қабаттары көбіне алевролиттермен және көмір қабатты құмдақтармен келтірілген. Сирек кездесетіндер гравелиттер, конгломераттар мен жанғыш тақтатастар. Орта юраның жыныстарының қалыңдығы 100м-ге дейін жетеді. Көмір үсті кен қабаттары алатүсті конгломераттар, гравелиттердің қайта қатпарлануымен сипатталады. Алевролиттер мен аргиллиттер сирек кездеседі. Кен қабаттарының қалыңдығы 180 м.

Неогенді жүйе. Балапан алаңының барлық дерлік телімдері неогенді саз-бен құндақталған. Оның солтүстік-батыс және оңтүстік бөлігінен басқа. Саздардың құндағының қалыңдығы 10 –ден 70–80 м-ге дейін құбылады.

Төрттік жүйе. Бұл жастағы түзілулер қиыршықтасты-қойтасты жыныстармен, түрлі қиыршықты құмдармен, саздақтармен, саздармен берілген. Түрлі телімдердегі шөгінділердің қалыңдығы 5-тен 70 м-ге дейін.

Гидрогеологиялық жағдайлар. Суреттеліп отырған аумақта екі гидрогеологиялық кешен ерекшеленеді, олар өзара тығыз байланысқан. Бірінші кешенге ауқымды гидрогеологиялық бассейндерде жатқан сулар жатады. Оның қуысындағы жыныстар қопсыған неогенді құрылымнан қазіргі жасына дейінгі түрінде келтірілген. Екінші кешен аймақтық гидрогеологиялық жүйе құрамына енеді. Оған палеозойлық іргетастың

сызаттық сулары, мезозой мүжілген түбірінің сулары мен палеогенды шөгінділердің қатарына жатады. Олар қалыңдығы 100–150 м-ге дейін болатын ортақ сулы көкжиегін құрады.

Балапан телімінің шеткі аймағында, бедердің дренаждалған формалары орналасқан, судың сызаттық сулары күндізгі жер бетіне жақындайды. Суға төзімді неогенді саздармен бекітілген телімдерде сызаттық сулар артезиандық қасиетке ие болады. Қысымның шамасы саздың қалыңдығына тепе-тең, ол бірнеше метрден 80 м-ге дейін құбылады.

Аумақтың геологиялық құрылымының және гидрогеологиялық жағдайының жоғарыда суреттелген сипаттамасынан, Балапан алаңының шегінде орналасқан тау жыныстары, ЖЯЖ зақымдау факторының әсер етуі нәтижесінде жерасты жану процестерінің пайда болуына және ағымына икемді.

Көп жағдайда, бұл процесте шөгінділердің қатысуына алаңның орталық бөлігінде таралған – юрадан қалған шөгіділерден, сонымен қатар таскөмір жүйесінің шөгінділері (көмір қыртыстары, көмірлі алевролиттер және тақтатастар). Сұлбада «әскери» ұңғымалардың орналасуы келтірілген (1-сурет), айта кету керек, бұл жерде ұңғымалардың бір бөлігі мезозойлық Юбилейная қалыптың көмір құрылымына жақын жерде орналасқан, ал ұңғымалардың келесі бір бөлігі тікелей букондық кен қабаттарында орналасқан. Аталған телімдегі тау жыныстары көмірлі материалдың жоғары құрамымен сипатталады, бұл ЖЯЖ өткізілген соң пиролиз бен жерасты газдану процесінің пайда болуы мүмкін негізгі факторлардың бір болып табылады [1, 2].

1.2. «Балапан» алаңындағы ядролық сынақтар және олардың зардаптары

1.2.1. ЖЯЖ өткізудің механикалық зардаптары (жердің беткі қабатының техногенді өзгерістері)

Ядролық жарылыс энергиясының азат етілуі бір микросекунд уақыт бойында өтеді және зарятың температурасын ондаған миллион градусқа дейін ұлғайтады. Заттектің жоғары температураға дейін қыздырылған заряды, ең кең спекторлы – рентгендік және ұзақтолқынды электромагнитті сәуле шығару түрінде энергия шығарады [3]. Рейниер жарылысы үшін орындалған бағалау [4], бірнеше микросекундтан кейін жарылыс камерасындағы температура 10^6 К құрады, ал қысымы 10^7 атм. құрады. Бұндай жағдайда зарядтың заттегі және камераға жақын жатқан жыныстың бөлігі біртіндеп иондалған плазмаға айналады.

Қуатты соққы толқыны мен қарқынды жылу сәуле шығарудың жақын тұрған жыныстың камерасына ортақ әсер етуінен будың сферасын құрайды, ол булану қуысы деп аталады [5]. Қуыстың көлемі негізінен жарылыстың қуатымен және жыныстың қасиетіне байланысты анықталады. Бұл жағдайда орташа алғанда шамамен 70 тонна силикатты жыныс бір килотоннаға деген жарылыс қуаты буланады. Сфериялық соққы толқыны таралуы барысында ол шамамен жарылыс қуатының бір килотоннасына жыныстың 350 тоннасын балқытады және шамамен 800 ºК температураға дейін 600 т/кт қыздырады. Соққы толқыны өткеннен кейінгі жыныстардағы температура әркелкі таралған: ол ішкі қабырғаларында жыныстың булану температурасынан тұрақталған қуыстың температурасына дейін қоршаған формацияда қуыстан бірнеше ондаған және жүздеген метрге

дейін азаяды [6]. Қуыстың радиусы эмпириялық арақатынаста, жарылыстың қуатын W байланыстыратын, зарядтың орналастырылу тереңдігін және жыныстардың жоғары жатқан ρ қатпарының тығыздығымен байланыстыруға болады:

$$R_c = C\frac{W^{1/3}}{(ph)^{1/4}}$$, бұл жерде

W – жарылыс қуаты;

C – эмпириялық анықталатын коэффициент;

p – жыныстың жоғары жатқан қабатының тығыздығы;

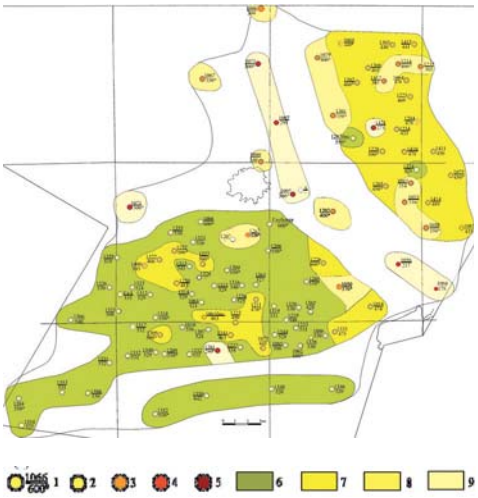
h – зарядтың орналастырылу тереңдігі.

Балапан алаңындағы ЖЯЖ қуысындағы радиустың есептеулерінің нәтижелері кестеде (3-Кесте) келтірілген. Кестеде келтірілген деректер бойынша, қуыстың радиусының мөлшерлік мәні 10-нан 40 м-ге дейін құбылады.

Омырылу барысында булыгазды қоспаның құрауышы жыныстың беткі суық құлайтын бөліктеріне қатысты байланысқа түседі. Осы сәттен бастап, массаны тасымалдау процесі омырылу бағанындағы жыныстың радиоактивті ластануының қалыптасуын басқарады, жыныстың сынықтары қатып қалған балқымаға құлайды, бұзылу бағаны арқылы шығарылатын газдар мен булар өте жылдам суынады және сынықтармен жанасады. Бағанның қалыптасуы, оның шыңында квазитұрақты жиынтық пайда болғанға дейін жалғасады, бұл бірқатар тәжірибелер барысында төменгі жиынтықтың бос кеңістігін құруға алып келеді [7]. Әлсіз жыныстарда жарылыстар жүргізу барысында (шөгінді тау жыныстарында) бұзылу бағанының күндізгі жер бетіне дейін бұзылуы мүмкін. Бұл жағдайда тұну қазаншұңқыры пайда болады. Өткізілген зерттеулерге сәйкес, бұзылу бағандарының формалары цилиндрге ұқсас, радиусы қуыстың алдыңғы радиусынан болмашы ерекшеленеді. Жоғарғы жағынан ол сәл бұзылған жыныстың күмбезімен шектелген. Бағанның төменгі жағы аман қалған немесе сәл ғана бұзылған қуыстың төменгі жартылай өрісін құрайды.

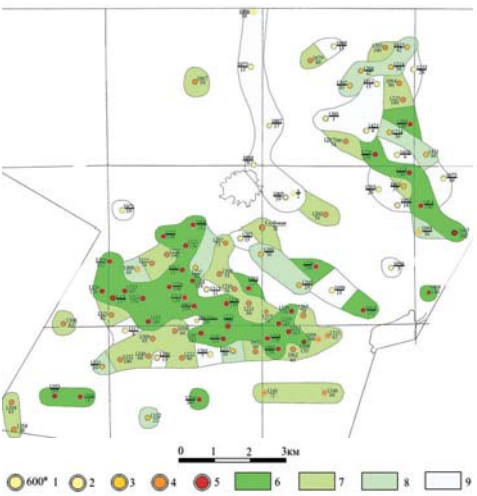
1.2.2. «Балапан» алаңында өткізілген ядролық сынақтар жайлы жалпы ақпарат

Балапан алаңында барлығы 106 «әскери» ұңғымада, ЖЯЖ өткізілген болатын [8]. Геологиялық картада (1-сурет) ұңғымалардың орналасу сұлбасы келтірілген. ЖЯЖ әсеріне байланысты қамтылған жыныстардың көлемінде типтендіру шартының мақсатына байланысты, «әскери» ұңғымалар бойынша деректер тереңдік бойынша, жарылыстың қуаты мен магнитудасы бойынша жүйеге келтірілді. Қойнаулардың техногенді жүктемесі бойынша алынған сұлбалар ядролық жарылыстың орналастыру тереңдігіне байланысты төмендегі 2, а-суретте келтірілген, ал ядролық зарядтардың қуатының таралуы 2, б-суретте келтірілген, ал әскери ұңғымалардың тығыздығы 2, в-суретте берілген [9].



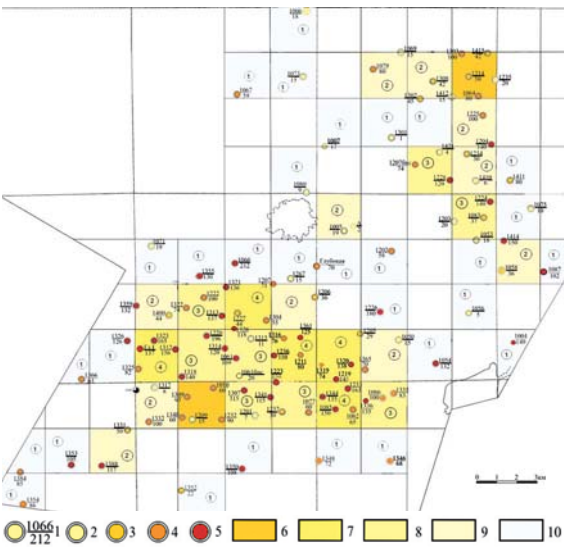
1 – әскери ұңғыма (ядролық зарядтың орналасу тереңдігі/нөмірі). Ядролық зарядтың орналасу тереңдігі: 2 - 500 м жоғары; 3 – 400–500 м; 4 – 300–400 м; 5 –300 м төмен. Ядролық жарылыстардың аумағының тереңдігі: 6 – 500 м жоғары; 7 – 500 м жоғары; 8 – 400–500 м; 8 – 400–300 м; 9 –300 м төмен.

а



1 – әскери ұңғыма. Ядролық жарылыстың қуаты: 2-ден – 20 кт-ға дейін; 3 – 21–50 кт; 4 – 51–100 кт; 5 – 100 кт жоғары. Ядролық жарылыстардың аумағының қуаты: 6 – 100 кт жоғары; 7 – 51–100 кт; 8 – 21–50 кт; 9 –. 20 кт-ға дейін.

б



1 – әскери ұңғыма (ядролық зарядтың орналасу тереңдігі/нөмірі). Ядролық жарылыстың қуаты (кт): 2-ден – 20-ға дейін; 3 – 21–50; 4 – 51–100; 5 –100 жоғары. Ядролық жарылыстардың аумағының мөлшері (жарылыс): 6 – 5–6; 7 – 4; 8 – 3; 9 – 2; 10 – 1

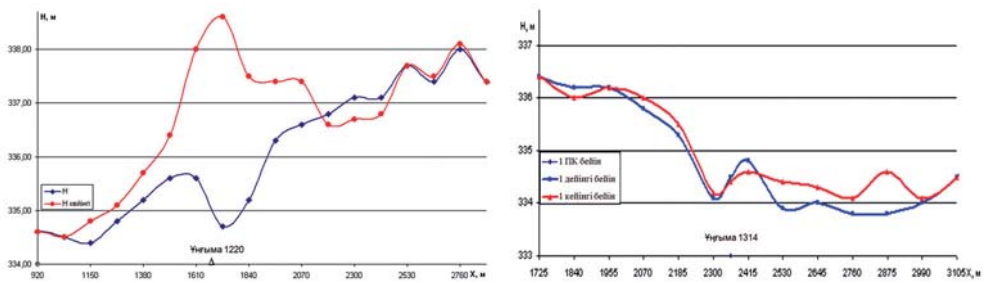
в

2-Сурет. Балапан телімі. Техногенді жүктеме сұлбасы: а – ядролық құрылғының орналасу тереңдігі; б – ядролық зарядтың қуатынан; в – жарылыстың тығыздығынан

Қолда бар деректер көрсеткендей, ядролық құрылғы сынақтан өткен соң техногенді көріністер негізінен, топырақтардың қопарылған күйінде байқалуда (1062, 1075, 1079, 1087, 1220, 1225, 1227, 1235, 1400, 1410 ұңғымалары), сирек – болмашы ойықтар түрінде (1233, 1236, 1314, 1316).

Кейбір ұңғымалардағы абсолюттік белгілер мәні өзгермеген күйінде қалды (1061бис, 1080, 1202, 1237, 1317). 1062 және 1220 ұңғымалардың сағасында күндізгі жер бетінің максималды өзгерісі орын алды, ол жердегі топырақтың қопарылуы 2,8 және 3,9 м. Техногенді өзгерістер, ұңғыма сағасынан 500 м радиуста белгіленген, алайда кейбір ұңғымаларда омырулар мен топырақтың қопарылуы 1500 м жоғары емес радиуста орын алды (1062 ұңғыма). Бес алаңда (1061бис, 1080, 1202, 1237, 1317) құрал-аспап арқылы ядролық құрылғыны сынақтан өткізгенен кейінгі күндізгі жер бетінің техногенді өзгерістері тіркелмеген.

Суретте (3-сурет) күндізгі жер бетінің өзгеруіне мысалдар келтірілген (абсолюттік белгіде), ЖЯЖ өткізілгенге дейін және кейінгі – 1220 мен 1314 ұңғыманың сағасы арқылы өткен төрт бейіндердің бірі бойынша келтірілді.

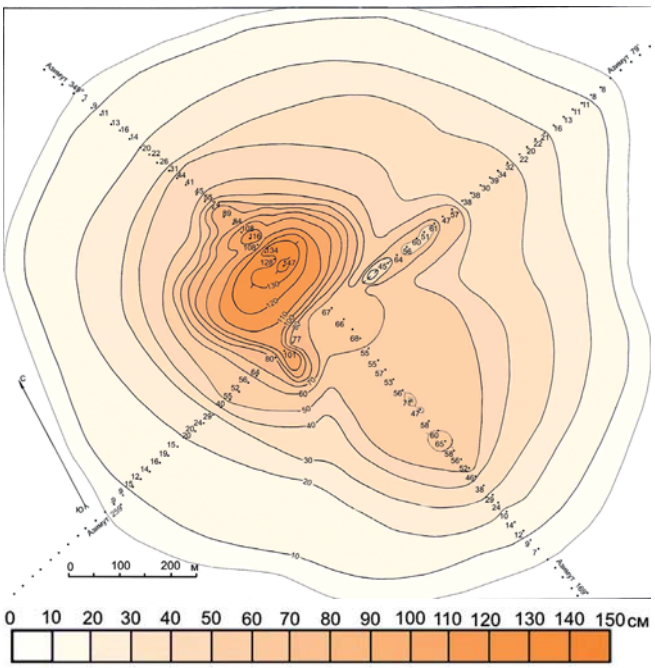


а б

3-Сурет. Балапан телімі. 1220 және 1314 ұңғымалары. ЖЯЖ өткізілгеннен кейін күндізгі жер бетінің өзгерісінің сипаты

3-суреттен көрініп тұрғандай, ЖЯЖ өткізілген соң, күндізгі жер бетінде топырақтың қопсымасы пайда болды және абсолютті белгілердің тербелісі бар ойықтар (–0,4) м-ден (+3,9) м-ге дейін орын алды.

4-суретте, ЖЯЖ әсерінен күндізгі жер бетінің өзгерісі көрсетілді, 1206 ұңғымада жарылыс өткізілгенге дейін және одан кейінгі топогеодезиялық өзгерістердің нәтижелерінің әртүрлілігі ретінде жоспарда құрылған [9].



4-Сурет. Балапан телімі. 1206 ұңғымасы. ЖЯЖ дейінгі және кейінгі күндізгі жер бетінің биіктігінің айырмашылығы

1.2.3. ЖЯЖ өткізу нәтижесіндегі температуралық өзгерістер

Күндізгі жер бетіндегі жерасты ядролық жарылыстардың термикалық режімін зерттеу бойынша жұмыстардың нәтижелері жұмыстарда көрсетілген [10, 11]. Сол кезде ең алғаш рет сақина тәріздес жарқылдайтын ИК-спекторлы жолақтар анықталды, олар жерасты ядролық жарылыстарының бөлінген аймақтарын қамтыды. ЖЯЖ өткізілген соң қазандық қуыстардың абсолютті түрде герметикалық болып табылмайтыны анықталды. Техногенді әсерлердің орын алуы: максималды сызаттылық аймағы, бұзылу бағаны және жыныстардың бұзылу аймақтары – оның жылуды шығаруына және орын алған газдардың шығарылуына қол жетімді етеді, ал қазандық қуысында жоғары температураның орын алуы және олардың біртіндеп сууы барысында бұл процесс өте ұзақ жүреді. Беткі қабатты жылулық түсіру көрсеткендей, зерттелген барлық ЖЯЖ эпицентралды аймағындағы беткі қабатында сақина тәріздес немесе доға тәріздес жылу құрылғылары байқалды, олар жарылыстардың бөлініп қалған аумақтарын қамтиды. Басқа жағдайларда, аз қуатты энергияға сәйкес немесе ұңғымаларда орындалған, жылу ауытқуларының айқын геометриялық формасы жоқ және жеке бір жылу дақтары түрінде көрінеді. Жылу ауытқуының максималды радиусы 80-ден 250 м шегінде, ал жылу сақинасының ені – 20-ден 60 м-ге дейін құбылады.

Ұзақмерзімді температуралық режім бойынша материалдарды шолу, ЖЯЖ орталық аймақтарында орналасқан тау жыныстары блоктарында, олардың көптеген жылдар бойында ішкі жоғары температураны ұстанғанын көрсетеді, оның уақыт өте келе

біртіндеп түсіп келе жатқаны анықталды [12, 13]. Қуаты 1,7 кт болатын «Рейниер» (США) жарылысы үшін орындалған температураның өрісін жете зерттеу жүргізу нәтижесінде, қазандық қуысындағы максималды температура жарылыс өткеннен кейінгі жарты жылдан соң 94 °С-ты құрады, ал «Рулисон» жарылысынан кейін қуыстағы температура 6 жылдың ішінде тек 290 °С-қа дейін төмендеді, басқаша айтқанда ЖЯЖ қазандық қуысы жылу энергиясының ұзақ мерзімді сақтаушы көздері болып табылады.

1.3. Жерасты газификациялау процестері және көмір құрамдас жыныстардың термикалық деструкциясы

Басқа көмірлер негізінен көміртегінен (60–90 %), сутегінен (<4–8 %) және оттегінен (2–30 %); сонымен қатар азоттың (0,5–2 %) және күкірттің (0,5–3 %) кішігірім мөлшерлерінен тұрады. Көмірлердің жоғары температурасы орын алған жағдайда, сонымен қатар көміркұрамдас заттегілер жоғары термикалық деструкция, пиролизге ұшырайды. Көмірдің пиролиз немесе термикалық деструкция процесіндегі газтәріздес өнімдерінің құрамында қандай да бір реагенттердің, сонымен қатар оттегінің болмауы, қомақты түрде көмірдің және температураның қыздыру бөлшектерінің жылдамдығына байланысты.

Көмірдің термикалық айналуы шамамен 200 °С температурасы барысында басталады. Алайда, қыздыру барысында 120 °С-қа дейін физикалық байланысқан ылғал және көмірмен адсорбирленген газдар бөлінеді (көміртегі диоксиді, метан және басқалары). Осының барысында көмірдің органикалық массасының көрнекі ыдырауы байқалмайды, алайда оның ішкі құрылымында белгілі бір өзгерістердің болуы жоққа шығарылмайды.

Көмірдің органикалық массасының, сонымен қатар көміртегінің оксидімен диоксидінің термикалық ыдырау барысында белгілі бір судың мөлшерінің бөлінуі 200 °С температура барысында пайда болады. Бұл өте қиын химиялық айналудың нәтижесі болып табылады. Көмір заттегінің ыдырау процесі 250–325 °С аралығында күшейеді. Су буының, көміртегі оксидінің қарқынды түрде бөлінуі жүреді, белгілі бір мөлшерде күкіртті сутектің және күкірттің органикалық қосылысының мөлшері бөлінеді. Көмірдің органикалық массасының терең ыдырауы, қалыпты жағдайдағы сұйық заттектердің (шайырдың) бөлінуі шамамен 550 °С температура барысында аяқталады. Жоғары температуралы бөліну барысында (850 °С-қа дейін) газдың құрамы өзгереді: оның метан құрамы азаяды және сутегінің құрамы қомақты түрде ұлғайған жағдайда жоғары молекулярлы көмірсутегі азаяды, газда HCN пайда болады. Осылайша, көміркұрамдас материалдардың пиролитикалық ыдырауы барысында CO_2, CO, H_2, CH_4 бөлінісін күтуге болады [15].

Газдардың пайда болуына қабілетті келесі бір процесс, бұл көміркұрамдас материалдардың газификациялану процесі,басқаша айтқанда қатты отындардың (көмір, торф, тақтатас) жоғары температура барысындағы қышқылдану орын алған жағдайда газға айналуы (газификациялаушы агенттер), оның рөлін су атқара алады. Осымен қатар, бірнеше түрлі реакциялар өтуі мүмкін, оларды төмендегідей келтіруге болады [16]:

$$(C, C_nH_{2n}) + H_2O \rightarrow CO, CO_2, CH_4, H_2$$

Келесі типтің екіншілей ағымының мүмкіндігін де ескеру қажет:

$$(CH_4, CO) + (H_2, H_2O) \rightarrow CO_2, CH_4, H_2O, H_2$$

Осылайша, бұл реакциялардың белгілі бір бөлігі экзотермикалық болып табылады, бұл реакциялық көлемде температураның жоғарылауына алып келеді. Келесі жағдайлардың үйлесуі: көміркұрамдас материалдардың, жоғары температураның және сулардың бар болуы таулы жыныстардың оттегінсіз деструкция процестерінің пайда болуына алып келеді. Басқаша айтқанда, аталған жағдайларда көміркұрамдас тау жыныстарының жартылай немесе толық емес газификациялау процесін аламыз, бұлар пиролитикалық процестердің үйлесуінде ауаның түсуінсіз болуы нәтижесінде келесі газдар пайда болады: CO, CO_2, H_2, CH_4 және б., олардың кейбірі жанғыш болып табылады (CO, H_2, CH_4).

2. «ҚАТЕРЛІ» ҰҢҒЫМАЛАРДЫ МҰРАҒАТТЫҚ ДЕРЕКТЕР МЕН АЛДЫН АЛА ТЕКСЕРУДЕН АЛЫНҒАН ДЕРЕКТЕР БОЙЫНША АНЫҚТАУ

Балапан алаңындағы ұңғымалар жайлы деректерді әдеби және қор көздері бойынша жинау олардың толық жинауға және сұлбаларын құруға мүмкіндік берді. Барлығы бұл телімде 105 әскери және 13 пайдаланылмаған ұңғымалар бар деп есептеледі. Жерасты ядролық сынақтардың көбі 1965 ж. мен 1989 ж. аралығында өткізілген, ұңғымалардың диаметрі үлкен, ал тереңдігі 400–600 м болды. Әскери ұңғымадан басқа, 200-ден аса ұңғыма-жерсерігі (құрылымдық, аспаптық, гидрогеологиялық, карталандыру және т.б.) бұрғыланды.

Әскери ұңғымаларды зерттеумен қатар, Балапан теліміндегі әскери және құрылымдық ұңғымаларында тікелей сол маңайда орындалған, алғашқы геофизикалық жерүсті және ұңғымалық деректерді мұрағаттық жүйелендіру және жинау жұмыстары жүргізілді. Бұл деректерді пайдалана отырып, жерүсті геофизикалық әдістермен телімнің зерттелу сұлбасы құрылды, масштабы 1:50000. Геологиялық ортаның жарылысқа дейінгі жағдайы және жарылыстан кейінгі деформацияланыу № 27 партиямен КСРО Геология министрлігінің Екінші гидрогеологиялық басқармасымен зерттелді. 1964 ж. мен 1974 ж. аралығындағы кезеңде масштабы 1:50000 болатын геофизикалық жұмыстар орындалды, бұл ССП аумағының масштабы 1:200000 болатын картасын құруға мүмкіндік берді. 1974 ж. кейін ЖЯЖ орталық аймағы әскери ұңғымалар бойынша зерттелді және радиусы 0,3–5 км болатын кешенді геофизикалық жұмыстар жасалды. Өлшеулер жарылыстан кейін де, жарылысқа дейін де жасалды, бұл ЖЯЖ орталық аймағындағы деформацияларды және түрлі шекаралық құрылымдарды (жарылыстық бұзылулар, литологиялық байланыстар және т.б.) белгілеуге мүмкіндік берді. Аракідік олар беткі қабатта да байқалып тұрды (топырақтың қопсуы, ойықтық төмендеулер, түрлі қарқындағы және ұзындықтағы сызаттар).

«Әскери» ұңғымаларды тексеру. Балапан алаңындағы әскери ұңғымалардың жай-күйін нақтылау және анықтау үшін «әскери» ұңғымаларды тексеру жұмыстары жүргізілді. Алғашқы деректерде жинақ және 106 әскери ұңғыманың орналасуы жайлы сұлба, әскери ұңғымалар бойынша деректерді талдамалау мен жинау нәтижелері бойынша дайындалды (1-бөлім). Алдын ала тексеру жұмыстарының құрамына әскери ұңғымаларды іздестіру жұмыстары, сағаның координаттарын түсіру (GARMIN GPS+ пайдалана отырып), ұңғыманың сағасын суретке түсіру (ауыздары) және ұңғыманың

маңайындағы рельефтің ерекшеліктерін көзбен байқау. Ұңғыманың 106 сағасын байланыстыру нәтижелері бойынша жинақ құрылды және масштабы 1:50000 карта құрылды.

2.1. Жұмыстарды аспаптық-әдістемелік қамтамасыз ету

2.1.1. Беткі қабаттағы өзгерістірді бағалау бойынша жұмыстарды аспаптық-әдістемелік қамтамасыз ету

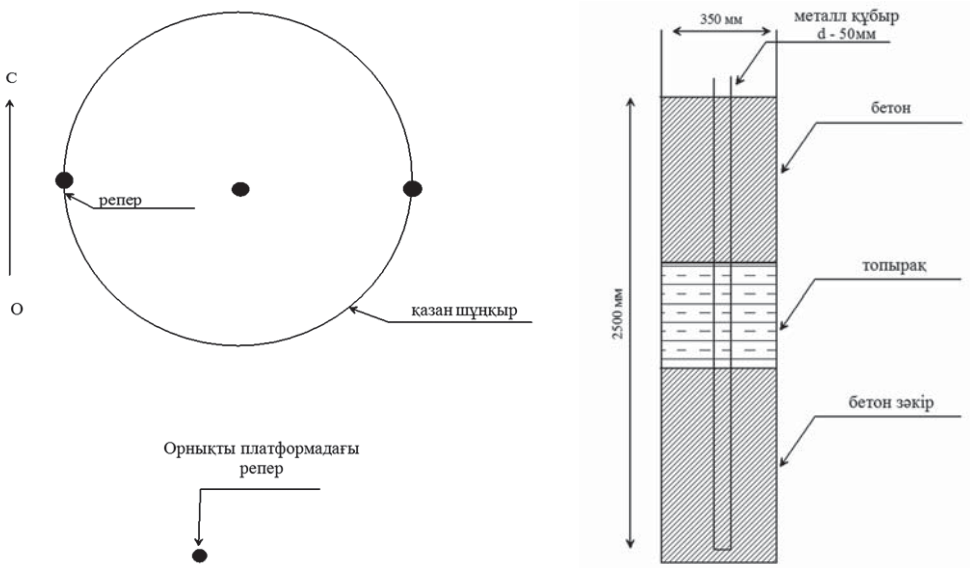
Жұмыстардың бастапқы сатысында Балапан алаңындағы «әскери» ұңғымаларда алдын ала тексеру жұмыстары жүргізілді. Зерттеу құрамына енгендер: ұңғымаларды іздестіру, ұңғымалардың бастарын және бедердің ерекшеліктерін фотоқұжаттандыру, анықталған шұңқырлардың көлемін суреттеу және бағалау. Жұмыстар Балапан алаңының 106 ұңғымасында жүргізілді. Ұңғымалардың беткі қабатын фотоқұжаттандыру бір ракурста, алаңның оңтүстік жағынан жасалды. Жасалған суреттеу мен көлемдері бойынша ойық көрініс орын алған ұңғымалардың тізбесі анықталды, ол дерек 1-кестеде келтірілген.

1-Кесте

Балапан телімі. Ұңғыманың сағасына жақын жатқан шұңқырлары бар ұңғымалардың тізбесі

№р\р	Ұңғыма №	Қуаты, кт	Шұңқырдың диаметрі, м		Шұңқырдың тереңдігі, м	
			2005 ж.	2008 ж.	2005 ж.	2008 ж.
1	1004	140	>200	500		
2	1066	212	~200	250		17
3	1069	15	~10	8		4,5
4	1203	20	>50	50		До 30
5	1204	140	~200	300	25-30	15-17
6	1207	140	~200	250	25-30	15
7	1226	180	~150	200	~15	20
8	1301	3	~10	10		6
9	1414	150	~10	10		3
10	Глубокая	70	>200	250		15
11	1355	130	-	20	-	8

Шұңқырлардың тереңдігінің қарқынын бақылау үшін үш ұңғыма –1207, 1066 және 1414 – алаңдарында ұзақмерзімді реперлер орнатылды. Реперлердің орналасу сұлбасы және олардың құрылысы (5, а, б-сурет) суретте келтірілген.



а б

5-Сурет. Балапан телімі. 1414 ұңғыма. Ойықтарда топографиялық мониторинг өткізу үшін: а – реперлерді қою конфигурациясы; б – реперлердің құрылысы

Барлық жағдайда да екі репер шұңқырлардың шетінде орналасқан, бірі – оның түбінде. 1207 және 1066 ұңғымаларда шұңқырлардың шетіндегі реперлердің арасындағы арақашықтық 250 м, орталық репердің тереңдігі - 16 және 17 м, ұңғымада 1414 – 6 және 3 м. Бір жылдан соң аталған ұңғымаларда топографиялық мониторинг басталды.

1053, 1066, 1207, 1236, 1222, 1414 ұңғымаларында көлемі 1000х1000 болатын алаңда масштабы 1:2000 тахеометриялық түсіру жұмыстары жүргізілді. Барлық телімдерде дербес геодезиялық негіз ретінде жоспарлы-биіктік түсірудің геодезиялық желісі құрылды. Желі полярлық тәсіл түрінде дамыды, полярлық бағыттардың ұзындығы 1000 м асқан жоқ. Жергілікті геодезиялық желінің нүктелері уақытша белгілермен – биіктігі 40см болатын металл сүймендермен бекітілген. Өлшеулер SOKKIA SET 510 № 33746 электронды тахеометрмен жасалды. Бұрыштарды өлшеу дәлдігі: 5″ (ISO 12857-2:1997). Аралықтарды өлшеу дәлдігі: ±(2мм+2ppm x D, D –арақашықтық километрмен өлшенеді). Түсіру негізінің биіктік нүктелері мен координаттары 1985 ж. координаттар жүйесінде алынды. Биіктік белгілер жүйесі Балтықтықі. Жергілікті жердің контурларымен және көрініс мәні бойынша орташа дәлсіздігі инженерлік-топографиялық жоспар бойынша 0,5 мм жоспар масштабынан аспайды. Топографиялық жоспарлар AutoCAD 2005 бағдарламасын және GeoniCS Топоплан v. 5.1 бағдарламалық кешенін пайдалана отырып құрылды.

2.1.2. Газдың құрамын анықтау бойынша жұмыстарды аспаптық-әдістемелік қамтамасыз ету

Топырақ және атмосфера ауасында көміртегі диоксидінің, метанның құрамын анықтау бойынша жұмыстар ИГА интерференционды газоанализаторда жасалды.

Аспаптың іс-әрекеті интерферленуге қабілетті екі сәуленің бірінің жолындағы зерттеліп жатқан ауаның құрамының өзгерісінің салдарынан интерференционды көріністің орын ауыстыруын өлшеуге негізделген. ИГА аспабымен кейбір газдардардағы өлшеу шегі: CH_4 – 0-ден 6 %-ға дейін ; CO_2 – 0-ден 6 %-ға дейін; O_2 – 5-ден 20,9 % -ға дейін (көлемі бойынша). Аспап қоршаған ортада +10 до +30 °С-қа дейін және атмосфералық қысым 720 -ден 800 торр-ге дейінгі температураны дәл көрсетеді.

Күкіртсутегін (H_2S), көміртегі қышқылын (CO) анықтау АНКАТ-7664М газоанализаторында жүргізілді, ол II оттегінің оксидін, көміртегі оксидінің, күкіртсутегін, рауалы көмірсутегінің шоғырлану сомасын (Ex) ауқымды көлемін автоматты түрде үздіксіз өлшеуге арналған. Сынаманы алудың диффузиялы және мәжбүрлеп алу тәсілдері бекітілген шығын қозғауышпен немесе резіңке көріктің көмегімен қамтамасыз етіледі.

Көміртегі диоксиді, күкіртті ангидридті анықтау барысында индикаторлы түтікшелердің әдісі пайдаланылды [17]. Бұл әдістің негізі анықталатын заттектердің түсті реакциясының, оның ауа сынамасынан индикаторлы түтікше арқылы реагенттермен өтуі барысында тығыз ұстағышта пайда болуына байланысты. Боялған индикаторлық ұнтақтың бағаншасының ұзындығы түтікшеде ауадағы талданатын газдың шоғырлануына тең және түйіршіктелген шкала бойынша мг/м^3 өзгереді. Өлшеу жүйесі индикаторлық түтікшеден және әмбебап УГ-2 газоанализаторынан тұрады, ол сорғының қызметін атқарады. Түтікшелердің құрылысы төлқұжатындағы деректерге сәйкес, бояу дағының 15 мм ұзындығын қамтамасыз етеді, ал өлшеу диапазонында анықталатын заттектің максималды шоғырлануы ± 25 % кем емес дәлдікті құрады. Әмбебап УГ-2 газоанализаторының жұмыс істеу принципі, ауаалғыш құрылғыдан индикаторлық түтікше арқылы қоспасы бар, ауаны соруға негізделген.

Газды сынамада сутегінің құрамын анықтау тасымалданбалы ВТИ-2 газоанализаторын пайдалану арқылы жүргізілді [18], ол сутегінің мыстың қышқылы үстінде фракциялық жағуылуы іс-әрекетіне негізделген температурасының шегі 260–270 °С, ал пештің түтікшесі арқылы газдың өту жылдамдығы 20 мл/мин. құрады. Аспаптарда және әдістемелердегі газдың құрамын анықтау барысында пайдаланатын метрологиялық параметрлері 2-кестеде келтірілген.

2-Кесте

Аспаптарда және әдістемелердегі газдың құрамын анықтау барысында пайдаланатын метрологиялық параметрлер

Өлшеу каналы	Физикалық шаманың бірлігі	Өлшеу аралығы	Негізгі абсолютті дәлсіздік нормаланатын өлшеу аралығының телімі	Δ_0 абсолютті дәлсіздігінің негізгі рауалы шегі
O_2	көлемдік үлесі, %	0–30	Барлық аралықта	± 0,9
E_x	%, ТТШШ	0–50	Барлық аралықта	± 5
CO	мг/м^3	0–200	0–20	± 5
			20–200	± (5+0,25*($C_{енг}$–20))
H_2S	мг/м^3	0–40	0–10	± 2,5
			10–40	± (2,5+0,25*($C_{енг}$–10))
CH_4	Көлемдік үлесі, %	0–6		

Топырақ ауасының сынамаларын алу. Топырақ ауасының сынамаларын алу жұмыстары жинақтаушы ыдыстардың (полиэтилен канистралар көлемі 10 л, ауа сынамаларын алу үшін патрубкалармен жабдықталған) көмегімен жасалды. Ыдысты 5–7 см тереңдікке орнатып, оның қабырғаларына жақын жатқан топырақты тығыздау арқылы герметиктілікке қол жеткізілді. Газдардың жинақталу ұзақтығы бір тәуліктен кем уақытты алды. Тәулік өткен соң газды қоспаның сынамаларын жинақтаушы ыдыстан алу жұмыстары іске асты.

Топырақ ауасының сынамаларын тасымалдау үшін шыны аспиратор қолданылды. Бұл аспаптың жұмыс істеу принципі теңдегіш шынының көмегімен судың газды шығаруы негізінде жасалды [19]. 1010 ұңғымасынан газ сынамасын алып, шыны аспираторға жинау төмендегі суретте көрсетілген (6-сурет).

6-Сурет. Балапан алаңы. Ұңғымадан газ сынамасын алу

2.2. Жұмыстардың нәтижелері

2.2.1. «Балапан» алаңындағы ұңғымаларды алдын ала зерттеудің нәтижелері

2008 ж. көмірлендірілген жыныстары бар бірқатар ұңғымаларда, ЖЯЖ гипоорталығының аумағында, қауіптілігі ықтимал деструкциялық процестер байқалды, омырылу көріністерінің қарқынын бақылау үшін, ұзақмерзімді реперлер орнатылды және тахеометриялық түсіру жұмыстары жүргізілді. Төменде іріктеп алынған ұңғымаларда жүргізілген топографиялық жұмыстардың нәтижелері келтірілген.

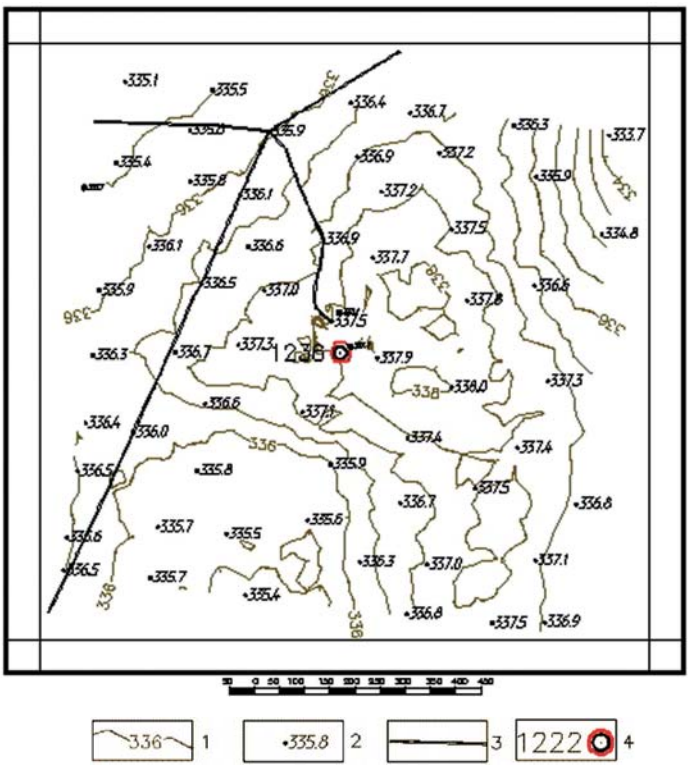
2.2.1.1. Топографиялық жұмыстардың нәтижелері

1236 ұңғымасы. Ұңғыма телімнің орталық бөлімінде, сынақтар тығыз өткізілген жерде орналасқан. Сағалық алаңның қазіргі уақыттағы көрінісі төмендегі суретте көрсетілген (7-сурет).

а б в

7-Сурет. Балапан алаңы. 1236 әскери ұңғымасы: а – сағасы; б – оңтүстік жақтан қарағандағы көрінісі в – сағаның батыс жағындағы бедердің отыруы

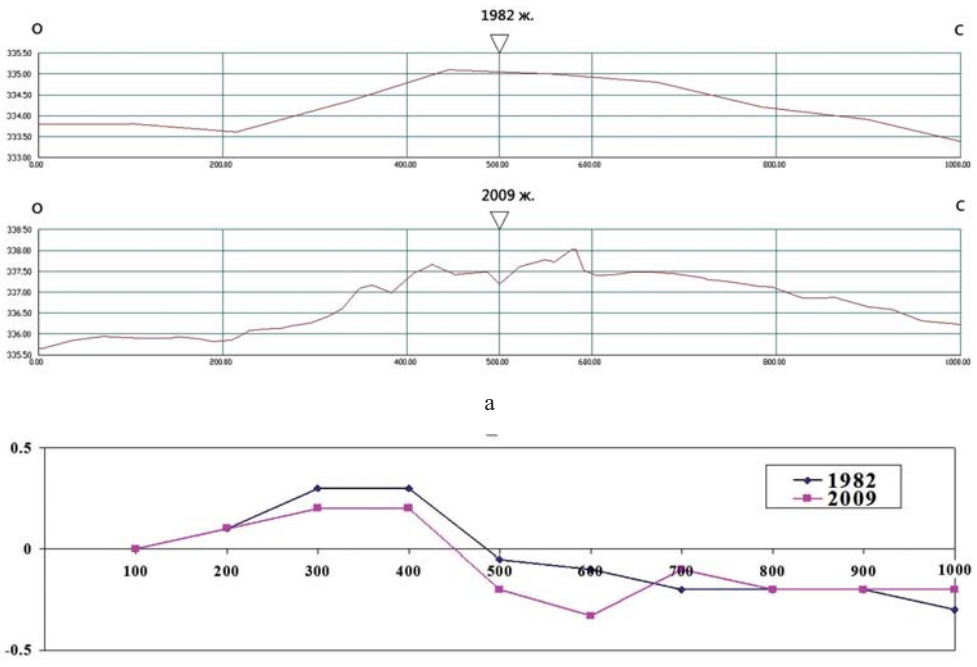
Бұдан бұрын 2005 ж. және 2008 ж. аралығында өткізілген алдын ала тексеру жұмыстарын жүргізу барысында, жарылыстан кейінгі жер бетінің өзгерісі тіркелген болатын, негізінен, ұңғыманың сағасынан батысқа қарай, омырулардың қопсымасы түрінде және сызаттардың 1,5 м-ге дейінгі жоғары белгіде құбылуы тіркелді (7 в-сурет). Тахеометриялық түсіруді өңдеу нәтижелері төменде 8-суретте көрсетілген.



1 – биіктік белгілерінің изосызығы, м; 2 – биіктік белгісінің жоспарлы байланысу нүктесі; 3 – жайдақ жол; 4 – ұңғыма және оның нөмірі

8-Сурет. Балапан телімі. 1236 «Әскери» ұңғыма. Сағалық алаңдағы тахеометрия нәтижелері (картаның 1:2000 масштабының масштабтан тыс көшірмесі)

1236 ұңғымасының сағасындағы алаңның орталық бөлігі солтүстік-шығыс әлсіз еңістегі кішігірім биіктік болып табылады. Абсолюттік белгілер 336,5–333,7 м шегінде өзгереді. Абсолюттік белгілердің 338,0 м максималды мәні (мұрағаттық деректер бойынша – 336 м) [17]. Тахеометриялық түсіру деректері бойынша ұңғыманың жанындағы абсолюттік белгі – 337,7 м (1982 ж. деректер бойынша – 335 м). қолда бар деректер бойынша 1982 ж. және 2009 ж. (кластығы әртүрлі аспаптарды пайдалану барысында алынған, және әртүрлі тіреуіш тригобекеттерге байланыстырылған) меридионалды бейінде құрылды (9, а-сурет) және биіктік белгісінің абсолюттік мәнінің градиент кестесі құрылды (9, б-сурет).



а

б

9-Сурет. Балапан телімі. 1236 ұңғыма. Алаңның сағалық бөлігінің бедері:
а – абсолюттік белгілер, м; б – биіктік белгілерінің градиенті, м

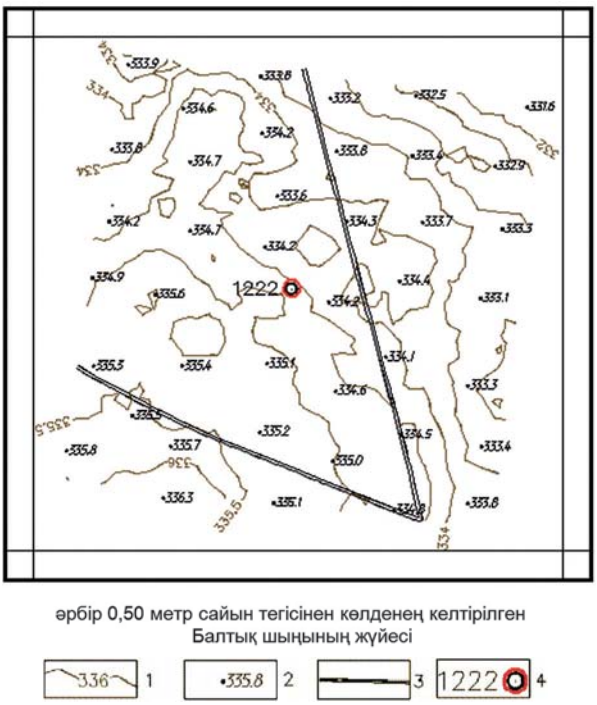
1982 ж. басталған кезең аралығында әскери ұңғыманың сағасы маңында тікелей 200 - 250 м радиусында жер бетінің отыруы орын алды.

1222 ұңғыма. 1222 әскери ұңғымасы Балапан алаңының орталығында, сынақтардың өту тығыздығы орын алған жерде орналасқан. 1222 ұңғымасын алдын ала зерттеу жұмыстары 2005, 2008 және 2009 жылдары жүргізілді. Беткі қабаты аз бұдырланған, абсолюттік белгілердің тербелісі 0,5 м-ге дейін. Алаңның қазіргі уақыттағы сағалық түрі төменде 10-суретте көрсетілген – отырғызу құбыры бұзылған (тереңдігі 4 м қазаншұңқыр, диаметрі 8 м).

а б

10-Сурет. Балапан телімі. 1222 «Әскери ұңғыма» (2009 ж.): а – сағасы: б – оңтүстік жақтан түсірілген жалпы көрінісі

11-суретте тахеометрияны өңдеу нәтижелері келтірілген және олардан көрініп тұрғандай сағалық алаң аз бұдырланған, солтүстік-батыстық еңісі бар. Биіктік белгілері 336,3–331,6 м аралығында өзгереді. Бедердің ауқымдық төмендеулері байқалады.

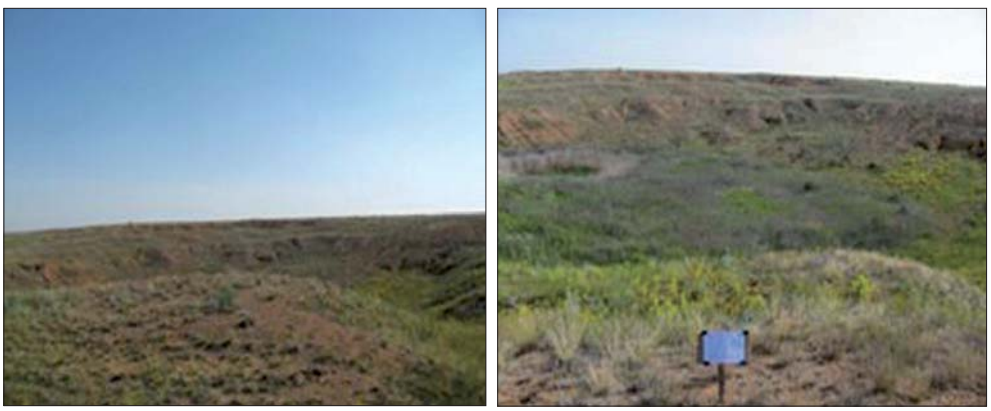


1 – рельефтің изосызығы, м; 2 – жоспарлық байланысу нүктесі және оның биіктік белгісі, м; 3 – жайдақ жол; 4 – ұңғыма және оның нөмірі

11-Сурет. Балапан телімі. 1222 «әскери» ұңғыма. Сағалық алаңдағы тахеометрия нәтижелері (картаның 1:2000 масштабының масштабтан тыс көшірмесі)

1207 ұңғыма. 1207 әскери ұңғымасы Балапан алаңының орталығында орналасқан. 1207 ұңғымасында алдын ала зерттеу жұмыстары 2005, 2008 және 2009 жж. жүргізілген болатын. Қазіргі уақыттағы сағалық алаңының көрінісі 25-Суретте көрсетілген. Жарылыстан кейінгі жер беті қомақты түрде өзгерген. Ұңғыманың сағасында тереңдігі 15 м, диаметрі 250 м болатын қазаншұңқыр пайда болды.

Жүргізілген тахеометриялық түсіру жұмыстары нәтижесінде ұңғыма абсолюттік белгісі 329,9-ден 325,6 м-ге дейін, оңтүстік-батыстан солтүстік-шығысқа қарай кішігірім еңісі бар жазықтықты құрайды (12-сурет). Солтүстікте бедер капониры түріндегі техногенді формалармен қиындатылған, олар ССП әскери-өнеркәсіптік кешеннің инфрақұрылымын жою нәтижесінде пайда болған. Телімнің ортасында бедер біраз өзгерген. Бұл жерде ядролық сынақтың әсерінен ойық қазаншұңқыр пайда болды. Тахеометрия деректері бойынша қазаншұңқырдың мөлшері – (150–200) × (150–250) м (қазаншұңқырдың шегінде изосызықтар кесілген), қазаншұңқырдың тереңдігі 12 м құрайды (332–320 м белгіде). Деформацияланудың жалпы аумағы – 300×450 м құрайды. Қазаншұңқырдың солтүстік-батысында қопсыған топырақтың көлемді аумағы байқалады, оның максималды абсолютті белгісі – 334,1 м құрайды.



а б

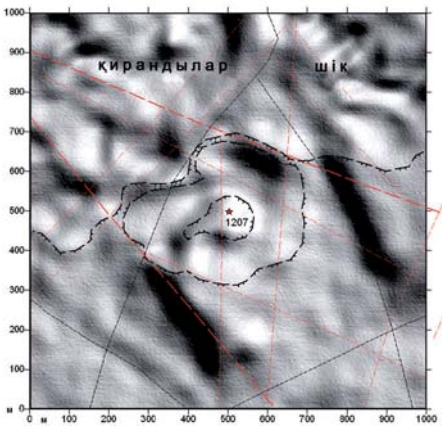
12-Сурет. Балапан телімі. 1207 « әскери» ұңғыма (2009 ж.): а – оңтүстік жақтан қарағандағы телімнің көрінісі; б – солтүстік жақтан қарағандағы ұңғыманың көрінісі

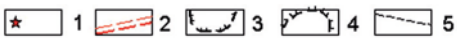
Полутонды жіті панхроматикалық суретте (13, б-сурет) жер бетіндегі көлемі 350×450 м болатын ойықтың сопақ шекарасы жақсы көрінеді. Орталық қазаншұңқырдың көлемі жоспарда – 100×120 м, тереңдігі 10 м -ге дейін.

1 сантиметрде 50 метр. Әрбір 0,50 метр сайын тегісінен көлденең келтірілген Балтық шығының жүйесі

1 – тең мәндердің изосызығы, м; 2 – жоспарлық байланысу нүктесі және биіктік белгісінің мәні, м; 3 – жайдақ жол; 4 – ұңғыма және оның нөмірі; 5 –ГР типтес тұрақты репер

а





1 – әскери ұңғыма;
2 – тектоникалық сызаттар мен бұзылулар;
3 –ойық шұңқырдың контуры;
4 – бедердің биіктігінің контуры және жыныстардың негізгі шығарындылары;
5 – ескі далалық жолдар

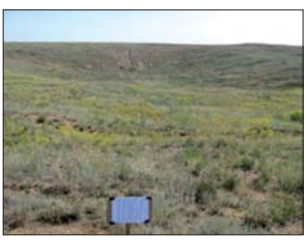
б

13-Сурет. Балапан телімі. 1207 «әскери ұңғыма»: а – тахеометриялық түсірулердің нәтижелері (картаның 1:2000 масштабының масштабтантыс көшірмесі); б – телімнің беткі қабатының жалған рельефті көрінісі әскери ұңғыманың элементтері бар геоморфологиялық дешифрлендіру

2008 ж. 1207 ұңғыманың аумағында 2-ГР типтес ұзақ мерзімді реперлер геоморфологиялық мониторинг жасау үшін орнатылды (13-сурет). 2009 жылдың қараша айында кіші мөлшердегі тұйық полигоны түріндегі ауқымды нивелирлі желі құрылды және II класты нивелирлеу жұмысы жасалды.

1066 Ұңғыма. 1066 әскери ұңғымасы Балапан орталығында орналасқан. Бұл ұңғымада Балапан алаңындағы ең күшті жарылыс өткізілді. 1066 ұңғымадағы алдын ала тексеру жұмыстары 2005, 2008 және 2009 жж. өткізілді. Алаңның сағасының қазіргі уақыттағы көрінісі төмендегі суретте көрсетілген (14-сурет).

а



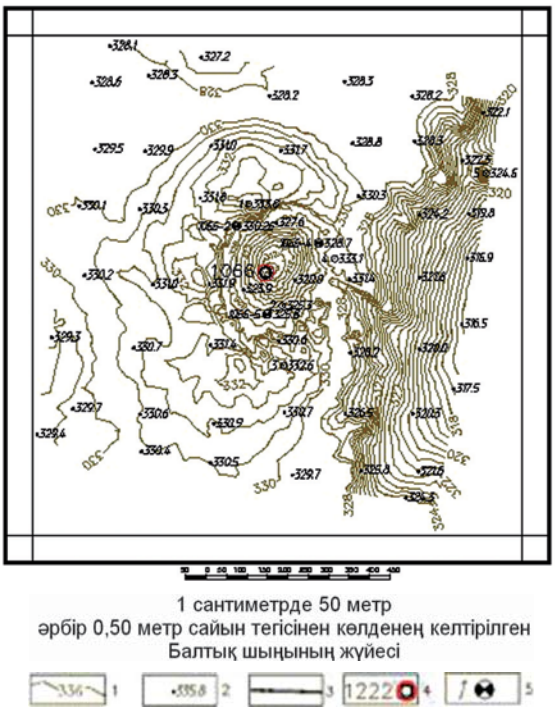
б

в

14-Сурет. Балапан алаңы. 1066 «әскери ұңғыма» (2009 ж.): а – оңтүстік жақтан қарағандағы жалпы көрінісі; б – сағадағы көрінісі; в – шұңқырдың оңтүстігіне қарай 100–150 м жерүстінің қопсуы және ойықтар

Сумен толтырылған, ойық шұңқыр анықталды (диаметрі 200–250 м, тереңдігі 17 м дейін). Беткі қабаттың деформациялануы әскери ұңғымадан 500 м радиусқа дейін байқалады. Шұңқырдың оңтүстік жағындағы бедерде қомақты өзгеріс бар. Жап-пай ойықтар және жер бетінің қопсымалары шұңқырдан оңтүстікке қарай 100–150 м аралықта байқалады.

Тахеометриялық түсіру жұмыстарының нәтижелері төмендегі суретте келтірілген (15-сурет).



1 – тең мәндердің изосызығы, м; 2 - жоспарлық байланысу нүктесі және биіктік белгісінің мәні, м; 3 – жайдақ жол; 4 – ұңғыма және оның нөмірі; 5 –ГР типтес тұрақты репер

15-Сурет. Балапан телімі. 1066 «әскери ұңғыма»: сағалық алаңдағы тахеометриялық түсірулердің нәтижелері (картаның 1:2000 масштабының масштабтан тыс көшірмесі)

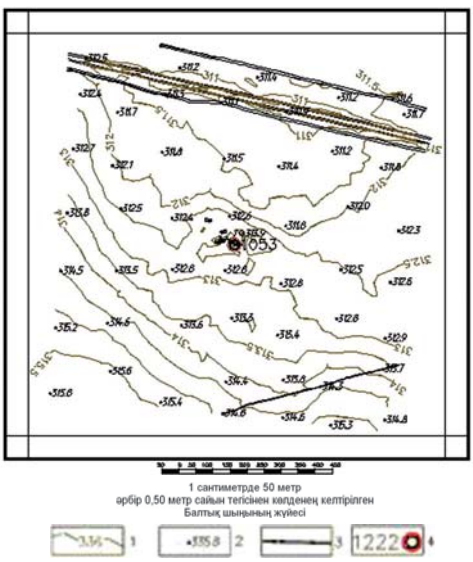
Түсірулердің деректері бойынша телімнің абсолюттік белгісі 329,7-ден 327,2 м-ге дейінгі жазықтықты құрайды, оңтүстіктен солтүстікке қарай кішігірім еңісі бар (15-сурет). Шығыстан бедер күрт төмендеулермен қиындатылған (329,2–316,5 м). Телімнің ортасында бедер қомақты өзгеріске ұшыраған. Бұл жерде ойық шұңқырлар контурланған, көлемі 200×250 м (шұңқырдың изосызығының шегінде кесілген). Шұңқырдың тереңдігі 21 м-ді құрайды. Деформацияланудың жалпы аумағы – (550–600)×(700–800) м құрайды. Бұл ірі аумақтағы солтүстікте, шығыста және оңтүстікте деформацияланудың қомақты түрдегі топырақтың үйілуі тіркелді. Ойық шұңқырдың оңтүстік-батысында бедердің ұсақ түрлері жер бетінің қопсуымен ойықтардың пай-да болуы түсінде белең алған. 2008 ж. ұңғымада 2-ГР типтес ұзақмерзімді реперлер орнатылған болатын, олар геоморфологиялық бақылауды тұрақты жүргізіп отырады.

1053 ұңғыма. 1053 ұңғымасы Балапан телімінің шығысында орналасқан. Келтірілген деректерден, жарылыс орташа тереңдікте өткізілгені және атмосфераға бу-газды өнімдердің шығарылуымен ілескенін көреміз. 1053 ұңғымадағы алдын ала тексеру жұмыстары 2005, 2008 және 2009 жж. жүргізілген болатын. Сағалық алаңның қазіргі уақыттағы көрінісі төмендегі суретте көрсетілген (16-сурет).

а б

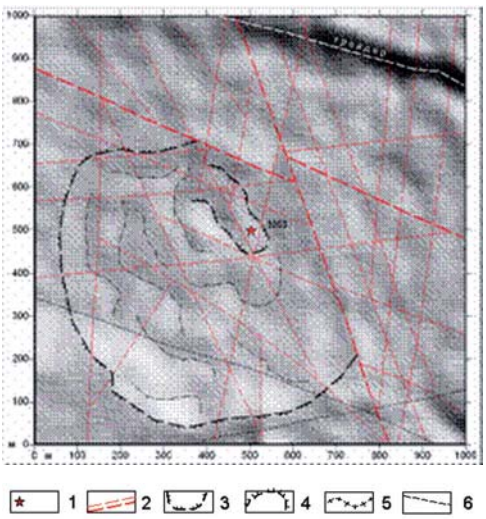
16-Сурет. Балапан алаңы. 1053 ұңғыма: а – оңтүстік жақтан қарағандағы жалпы көрінісі; б – ұңғыманың сағасы, 2009 ж.

2005 ж. беткі қабаттың техногенді өзгерістермен бүлінбегені анықталды. 2008 ж. ұңғыманың аумағында жербеткі қабатының, шамамен жалпы бедерге қатысты 3 м отыруы байқалды.



1 – тең мәндердің изосызығы, м; 2 – жоспарлық байланысу нүктесі және биіктік белгісінің мәні, м; 3 – жайдақ жолдар; 4 – ұңғыма және оның нөмірі;

а



1 – ұңғыма; 2 – тектоникалық сызаттар мен бұзылулар. Бедердің ауқымды өзгерісінің контуры; 3 – төмендеулер; 4 –биіктеулер (қопсымалар); 5 - бұдырлы қопсымалар ; 6 – далалық жолдар

б

17-Сурет. Балапан телімі. 1053 «әскери ұңғыма»: а – сағалық алаңның тахеометриялық түсірулердің нәтижелері (картаның 1:2000 масштабының масштабтан тыс көшірмесі); б – телімнің беткі қабатының жалған бедерлі көрінісі әскери ұңғыманың элементтері бар геоморфологиялық дешифрлендіру

Тахеометриялық түсірулердің нәтижесінде, бедердің беткі қабаты бұдырлы қопсымалардан тұрады және оңтүстік-батыстан солтүстік-шығысқа жайлап еңістейді. Солтүстіктен ол грейдермен қиындатылған, оның екі жағынан далалық жолдар өтеді. Орталық бөлігінде жайлы ойық байқалады, оның пайда болуы 1053 ұңғымада ЖЯЖ өткізумен байланысты. Бұл жердегі абсолюттік белгінің тербелісі 2,5 м (314,5-тен 312 м-ге дейін) мәннін құрайды.

Ғарыштық суреттерді дешифрлендіру деректері бойынша ұңғыманың телімі қарқынды сызаттану аймағында жатыр (17 б-сурет). Шамасы, бедердің биіктік контуры жазықтық бойынша қомақты көлемді құрайды (650×650 м). Солтүстік-шығыстан контур екі тектоникалық сызаттармен солтүстік-батыстағы жазықтықпен шектелген. Бұл контурдың ішінде беткі қабаты ауқымды қопсыған бұдырлы айдаршалар жақсы байқалады. Тікелей ұңғыманың жанында бедердің төмендеуі жақсы көрінеді, олардың солтүстік-батысқа созылған көлемі шамамен 50×200 м формасы бар.

1414 ұңғыма. 1414 әскери ұңғымасы Балапан алаңының шығысында, әскери ұңғымалардың орта шоғырында орналасқан (1087, 1058, 1053, 1083 және 1075). Алаңның қазіргі уақыттағы көрінісі төмендегі суретте көрсетілген (18-сурет).

а б

18-Сурет. Балапан телімі. 1414 «әскери ұңғымасы» (2009 ж.): а – саға; б – оңтүстік жақтан қарағандағы көрінісі

1414 ұңғымасына алдын ала тексеру жұмыстары 2005, 2008 және 2009 жж. жасалды. Жарылыстан кейінгі жер бетінің өзгеруі ойықтардың қопсымасы және сызаттар түрінде ұңғымадан 200–300 м радиуста байқалды. Сағадан 5 м аралықта суға толған, тереңдігі 3 м болатын, ойық шұңқыр пайда болды [20].

Осылайша, «әскери» ұңғымалардың эпиорталықтарындағы топографиялық жұмыстарының нәтижелерінен, көптеген ЖЯЖ өткізу нәтижесінде көп ұңғымалардың маңайында жарылыстан кейінгі шеңберлі құрылымдар пайда болды, сонымен қатар жер бетінің басқа да деформациялануы орын алды. Бедердің техногенді элементтері (белес, кемерлер және т.б.) жоспардағы бірінші километрге дейінгі мөлшерге жетеді және биіктік бойында бірнеше метрге жетеді. Әскери ұңғымалардың сағасында жиі түрде диаметрі 30 м-ге дейін және тереңдігі бірнеше метр болатын шұңқырлар пайда болады. Анықталған деректердің бірқатары бойынша, әскери ұңғымалардың эпиорталықтарында беткі қабаттың деформациялануымен байланысты процестер аяқталмаған.

2.2.1.2. «Әскери» ұңғымалардағы газды зерттеудің нәтижелері

«Әскери» ұңғымалардың эпиорталықтарындағы аймақтарды зерттеу барысында алғашқы зерттеулер көміркұрамдас тау жыныстарында жерасты газдану процесінде ағуы бойынша газдың топырақ ауасындағы ұқсастықтарды анықтау мақсатында жүргізілді. Сағалық алаңда радиусы 50 м дейінгі алаң зерттелді. Сынамаларды алу бірнеше нүктелерде жүргізілді, олар ұңғыманың сағасына жақын жерде де, белгілі бір аралықта да жасалды. 2008 жылы газ шығаруға байланысты, ЖЯЖ жарылыстары өткізілген Балапан алаңындағы 105 «әскери» ұңғымаға зерттеу жасалды. Кестеде (3-кесте) ұңғымаларда жасалған ядролық сынақтар жайлы жалпы мағлұматтар келтірілген және ұңғымалардың сағалық алаңындағы ауаның газдық құрамына алдын ала жасалған бағалаудың деректері берілген.

ЖЯЖ орталық аймақтары кіретін, тау жыныстары жайлы кестеде ұсынылған деректер бойынша, тау жыныстарының шөгінділерінде жатқан қазандық қуысындағы ұңғымаларда газификация процесінің орын алуы еш күмән тудырмайды, алайда андезитті порфириттердің туфтарындағы ұңғымалар (1361, 1234, 1303, 1319, 1071) үшін аталған процестің нышанына ешқандай түсінік бере алмаймыз және ол жете зерттеуді керек етеді. Белгіленген ұңғымалардағы жыныстарда газификацияланудың пайда болуы Балапан алаңындағы туфтарда таралған және көмірлі алевролиттар түріндегі қосылулар (ксенолиттер) да орын алған.

Осылайша, «Балапан» алаңында өткізілген алғашқы зерттеулердің нәтижелері бойынша, метанның (1234, 1207 ұңғ.), көміртегі қышқылы (1317, 1303, 1228, 1066, 1267, 1236, 1086, 1326, 1319, 1207, 1222, «Глубокая» ұңғ.), көміртегі қос тотығы (1067, 1303, 1228 ұңғ.), күкіртсутегі (1326, 1080 ұңғ.), күкіртті ангидрид (1071, 1326, 1317 ұңғ.), көмірсутегі (1317, 1010 ұңғ.) аялық шоғырлануының жоғарылауы байқалады. Барлық өлшенетін газдар бойынша максималды мән 1010 ұңғымасында анықталды [20].

Айта кету керек, ЖЯЖ өткізудегі келтірілген жалпы деректерде ойық көріністердің және газификациялау процестеріне әсер ететін қандай да бір факторлар байқалмайды. Таулы жыныстарының шөгінділерінде өткізілген қуаты 100 кт ЖЯЖ көбінде, ойық көріністері де, газификациялану көріністері байқалмаған. Екінші жағынан, бірқатар газ шығарушы ұңғымаларда (1067, 1071, 1080, 1234, 1267,1317,1319, «Глубокая» ұңғ.) өткізілген жарылыстардың қуаты 100 кт-дан кем болмаған. Осыған қарамастан, барлық ұңғымаларда жерасты сулары орын алған, оларда көп жағдайда қысымды сулар және жатқан тереңдігі 5,8 -ден 34 м-ге дейін. Қопсыған шөгінділердің орын алу факторы ешқандай анық әсер етпейді.

Негізгі әсер етуші деген факторлар, жерасты газификация процестерінің ашық және жасырын түрлеріне әсер етеді және Балапан алаңындағы ЖЯЖ орталық аймақтары енетін, тау жыныстары массивінің құрылымдық-тектоникалық құрылымының ерекшелігі болып табылады. Негізі, алаңның аумағы интрузия дамуының және ұзақ өмір сүруші омырулардың күрделі тектоно-магматикалық түйінін құрайды. Ол бірқатар солтүстік-батыс жазықтығында және ірі меридионалды омырулардың солтүстік-шығыс жазықтығындағы аймақтық омырулардың тоғысқан жерінде тұр. Гранитоидты омыру аралық интрузияларды енгізу герциндік негізі бар жыныстың тығыздалуынан әлсіз аймақтардың пайда болуына әсер етеді. Қорытындысында аумақтың геологиялық құрылымының ерекшелігін біріктіруі және геологиялық ортаға жерасты ядролық

жарылыстарының әсер етуі нәтижесінде тау жыныстарының газификациялау процестерінің және ойық көріністердің күрделі геолого-физикалық ортасының жай-күйінің пайда болуына септігін тигізді. Аталған мақұлдама тау жыныстарының шөгінділерінде бұрғыланған ұңғымалардың бәрінде газификациялау процесінің болуы, ал төмен дәрежеде андезитті порфириттер туфтарында орын алды. Аталған контексте сонымен қатар, апаттық көріністердің жерасты газификациялау процесінің ағымының мүмкіндігін түсіндіретін дәлелдемеге орын табады. ЖЯЖ орталық аймақтарындағы тектоникалық бұзылулардың орын алуы газөткізуші аймақтардың пайда болуына әсер етеді. Аталған жағдайда, орталық аймақтардың пайда болатын газдардан жайлап жүктемелену шарты туындайды. Тау жыныстарының монолитті деген блоктарында қысымның жоғарылауы нәтижесінен, жинақталған газдардың эпизодтық шығарылуы («дүркіндеткен») орын алуы ықтимал. Осындай анық «дүркіндеткен» газдардың жүктемелерінің деректеріне «Глубокая» ұңғымасында болған, жоғарыда суреттелген жағдайды жатқызуға болады.

3-Кесте

Алдын ала зерттеу нәтижелері мен мұрағаттық деректер бойынша «Балапан» алаңындағы ұңғымаларға сипаттама беру

Ұңғыма №	C_nH_{2n}, мг/м³	CO мг/м³	CO_2, мг/м³	H_2, мг/м³	SO_2, мг/м³	H_2S, мг/м³	CH_4, мг/м³	Жарылыстың уақыты	Жарылыстың қуаты, кт	Зарядтың орналасу тереңдігі, м	Қуыстық радиусы, м	Жерасты суларының деңгей, м	Тау жынысы	Қопсымалы жыныстардың қуаты, м	Ойық көріністердің орын алуы
1005	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	16.10.1974	43	535	24,5	21,4	Құмдақтар мен тақтатастардың қатпарлануы	55	д/ж
1006	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	01.02.1979	18	309	18,3	12	Құмдақтар мен конгломераттардың қатпарлануы	20	д/ж
1007	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	10.02.1972	16	295	17,6	9,5	Құмдақтар	20	Сағадан 15 м-гі ойық
1010	850	47	574,5	8,3	92,07	303,6	7,14	11.06.1978	60	556	27,4	13,2	құмдақтар мен алевролиттердің қатпарлануы	58	д/ж
1050	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	29.07.1974	15	535	17,3	30	Порфирит 405 м	88,8	д/ж
1053	жоқ	жоқ	1,94	0,31	57,1	жоқ	жоқ	19.06.1968	22	316	19,6	д/ж	Құмдақтар		д/ж
1054	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	30.11.1969	160	472	38	11,5	Конгломерат 391 м	84,6	д/ж
1056	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	30.06.1971	8	217	14	д/ж	Конгломерат	До 50	д/ж
1058	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	27.12.1974	51	535	26	12	Конгломерат 393 м	86,5	Сағаның алдындағы кішігірім ойық
1061	жоқ	7	3,02	жоқ	жоқ	жоқ	0,92	02.11.1972	165	521	38,4	11,1	қара аргиллит	35	Бұдырлы бедер, абсолютті белгілердің тербелісі 1м-ге дейін
1062	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	04.07.1976	90	535	31,4	9	Құмдақтар	39	Бұдырлы бедер, абсолютті белгілердің тербелісі 1м-ге дейін

Ұңғыма №	C_nH_{2n}, мг/м³	CO мг/м³	CO_2, мг/м³	H_2, мг/м³	SO_2, мг/м³	H_2S, мг/м³	CH_4, мг/м³	Жарылыстың уақыты	Жарылыстың қуаты, кт	Зарядтың орналасу тереңдігі, м	Қуыстық радиусы, м	Жерасты суларының деңгей, м	Тау жынысы	Қопсымалы жыныстардың қуаты, м	Ойық көріністердің орын алуы
1064	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	14.12.1973	150	478	37,2	15,8	диабазды порфирит туфы	33	д/ж
1066	жоқ	5	2,05		жоқ	жоқ	3,57	23.07.1973	60	535	27,4	26,7	Гранит 422, конгломерат 574 м	27	Ойық шұңқыр тереңдігі 17 м-ге дейін, диаметрі – 250 м-ге дейін.
1067	жоқ	жоқ	7,95		жоқ	жоқ	жоқ	25.12.1975	90	535	31,4	19,9	құмдақтар мен конгломераттардың қатпарлануы	33	д/ж
1069	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	04.11.1973	15	535	17,3	16,6	Кристалло-литокластикалық андезитті порфирит-тер туфы 490 м	26	Ойық шұңқыр тереңдігі 4,5 м-ге дейін, диаметрі – 8 м-ге дейін
1071	жоқ	жоқ	2		3,5	жоқ	жоқ	25.04.1980	19	330	18,7	8,4	кварцты порфирлер туфы 331 м	2	д/ж
1073	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	12.11.1977	15	535	17,3	10,1	Құмдақтар 306 м	37,5	д/ж
1075	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	09.06.1976	25	298	20,5	8,9	андезитті порфирит-тер туфтар	60	д/ж
1077	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	05.07.1978	60	445	27,4	15,4	Алевролит	29	Бұдырлы бедер, абсолютті белгілердің тербелісі 0,5 м дейін
1079	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	05.09.1977	80	535	30,2	16,5	Алевролит 498 м	50	д/ж
1080	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	29.06.1977	9	340	14,6	5,2	Конгломерат	д/ж	д/ж
1083	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	12.06.1980	37	354	23,3	13	Туфоқұмдақтар	65	Бұдырлы бедер, бедердің биіктігі 0,5 м-ге дейін

Үлгілма №	C_nH_{2n}, мг/м³	CO мг/м³	CO_2, мг/м³	H_2, мг/м³	SO_2, мг/м³	H_2S, мг/м³	CH_4, мг/м³	Жарылыстың уақыты	Жарылғыштың құаты, кт	Зарядтың орналасу тереңдігі, м	Күшстық радиусы, м	Жерастың сұлдырының деңгейі, м	Тау жынысы	Қолсымалы жынысталған жыныс құаты, м	Оның көріністерінің орын алуы
1085	жок	жок	жок		жок	жок	жок	04.08.1979	150	590	37,2	16	карбонатизиделген құмдактар	40	Бедер өзгерген
1086	жок	28	2,01	0,17	жок	жок	жок	14.12.1980	100	530	32,5	14	Тактатастар	70	Бұдырлы бедер, абсолютті белгілердің тербелісі 0,5м-те дейін
1087								12.10.1980	102	436	32,7	д/ж	д/ж	д/ж	д/ж
1201	жок	жок	жок		жок	жок	жок	21.04.1976	20	535	19	13,5	Андезитті порфирит	30	д/ж
1202	жок	жок	жок		жок	жок	жок	28.08.1976	58	535	27,1	12,5	Құмдактар 455 м	90	бедердің толкынды формасы.
1203	жок	жок	жок		жок	жок	жок	27.05.1981	20	535	19	11,6	Алевролиттер 485 м	62	Ойық шұнқыр тереңдігі 30 м-те дейін, диаметрі – 50 м-те дейін
1204	жок	жок	жок		жок	жок	жок	10.12.1972	140	478	36,3	12,2	андезитті порфирит-тер туфы	30	Ойық шұнқыр тереңдігі 20 м-те дейін, диаметрі – 300 м-те дейін
1205	жок	жок	жок		жок	жок	жок	27.04.1975	60	535	27,4	13,6	Алевролиттер	29	Ұңғыма сағасынан ОШ карай ойық, 2009 ж.
1206	жок	3	жок		жок	жок	жок	29.10.1975	90	535	31,4	8,5	Порфирит	70	д/ж
1207	жок	6	жок		жок	жок	жок	31.05.1974	140	535	36,3	д/ж	Конгломерат	До 90 м	Ойық шұнқыр тереңдігі 15 м-те дейін, диаметрі – 250 м-те дейін

Үңгыма №	C_nH_{2n}, мг/м³	CO мг/м³	CO_2, мг/м³	H_2, мг/м³	SO_2, мг/м³	H_2S, мг/м³	CH_4, мг/м³	Жарылыстың уақыты	Жарылыстың қуаты, кт	Зарядтың орналасу тереңдігі, м	Қуыстық радиусы, м	Жерасты суларының деңгей, м	Тау жынысы	Қопсымалы жыныстардың қуаты, м	Ойық көріністердің орын алуы
1209	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	07.12.1976	15	535	17,3	11,6	Микродиорит	53	д/ж
1211	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	15.09.1978	80	535	30,2	15	Алевролит 520 м	д/ж	Бұдырлы бедер
1214	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	29.10.1977	50	535	25,8	18,7	Андезитті порфириттер туфы 446 м	д/ж	Әлсіз толқынды бедер
1219	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	25.04.1982	145	548	36,8	15,5	Тақтатастар	д/ж	Бұдырлы бедер
1220	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	14.09.1980	190	483	40,2	10,8	Плагиогранит	25	Толқынды-бұдырлы бедер
1222	жоқ	3	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	29.11.1978	100	535	32,5	9,3	Тақтатастар	д/ж	д/ж
1223	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	23.06.1979	150	490	37,2	18	Құмдақтар	16	д/ж
1224	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	28.10.1979	140	529	36,3	12	Туфокұмдақтар	д/ж	Бұдырлы және бедерлі түрдегі биіктіктің өзгеруі 2,5 м дейін,
1225	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	07.07.1979	100	469	32,5	22	Андезитті порфириттер туфы	д/ж	Бұдырлы бедер, абсолютті белгілердің тербелісі 1,0 дейін
1226	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	18.08.1979	180	535	39,5	19,8	Конгломерат	д/ж	Ойық шұңқыр тереңдігі 20 м-ге дейін, диаметрі – 200 м-ге дейін
1227	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	29.06.1980	44	535	24,7	5,8	Тақтатастар	д/ж	д/ж
1228	жоқ	25	8,3		жоқ	жоқ	жоқ	29.08.1978	120	535	34,5	14,2	Туффит	д/ж	Оңтүстік жақтан ұңғыманың сағасынан 20 м-ге дейін көлемді ойық

Ұңғыма №	C_nH_{2n}, мг/м^3	CO мг/м^3	CO_2, мг/м^3	H_2, мг/м^3	SO_2, мг/м^3	H_2S, мг/м^3	CH_4, мг/м^3	Жарылыстың уақыты	Жарылыстың қуаты, кт	Зарядтың орналасу тереңдігі, м	Қуыстық радиусы, м	Жерасты суларының деңгей, м	Тау жынысы	Қопсымалы жыныстардың қуаты, м	Ойық көріністердің орын алуы
1232	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	22.04.1981	90	535	31,4	д/ж	Лавобрекчия	97	Бұдырлы бедер, абсолютті белгілердің тербелісі 1,0 дейін
1233	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	13.09.1981	163	531	38,2	16	Алевропелит	д/ж	Толқынды-бұдырлы бедер
1234	жоқ	жоқ	2,43		жоқ	жоқ	3,57	29.03.1981	30	433	21,8	24,5	кристалло-литокластық туф	44	д/ж
1235	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	20.11.1983	20	305	19	23,7	Андезитті порфириттер туфы	д/ж	д/ж
1236	жоқ	35	2,9	0,53	1,22	жоқ	жоқ	18.10.1981	110	525	33,5	д/ж	Тақтатастар	15	д/ж
1237	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	29.11.1981	30	538	21,8	19,5	Құмдақтар	50	д/ж
1267	жоқ	8	1,81	0,97	59,4	жоқ	0,74	20.09.1973	15	535	17,3	16,7	Аргиллит 372 м	58	д/ж
1301	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	16.04.1974	3	535	10,1	20,5	Конгломерат 500 м	40	Ойық шұңқыр. Диаметрі 10 м, тереңдігі 6 м.
1302	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	04.11.1978	45	535	24,9	15	Туф 500 м	45	д/ж
1303	жоқ	120	38,9		жоқ	жоқ	жоқ	27.12.1980	100	440	32,5	19,1	Андезитті порфириттер туфы	26	д/ж
1304	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	07.12.1976	55	520	26,6	11	Конгломерат	д/ж	д/ж
1307	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	26.10.1983	115	528	34	18,03	Құмдақтар	32	Бұдырлы бедер, белестің биіктігі 1,0 м дейін
1308	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	07.03.1984	42	465	24,3	21,3	Андезитті порфириттер туфы	д/ж	д/ж

Ұңғыма №	C_nH_{2n}, мг/м³	CO мг/м³	CO_2, мг/м³	H_2, мг/м³	SO_2, мг/м³	H_2S, мг/м³	CH_4, мг/м³	Жарылыстың уақыты	Жарылыстың қуаты, кт	Зарядтың орналасу тереңдігі, м	Қуыстық радиусы, м	Жерасты суларының деңгей, м	Тау жынысы	Қопсымалы жыныстардың қуаты, м	Ойық көріністердің орын алуы
1309	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	02.12.1979	93	535	31,7	10,8	көмірлі алевролит	32	д/ж
1312	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	27.12.1981	156	529	37,7	13,35	метаморфиялық құмдақтар	20	д/ж
1313	жоқ	жоқ	2,85	1,6	29,64	жоқ	3,7	16.12.1984	137	543	36,1	10,85	Порфирит	д/ж	Толқынды бедердің - қопсуы, ойықтар, сызаттар
1314	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	05.12.1982	120	529	34,5	15	Көмірлі тақтатастар, мүйізшеленген	30	д/ж
1315	жоқ	жоқ	0,78	0,09	жоқ	жоқ	жоқ	12.03.1987	58	529	27,1	д/ж	Көмірлі тақтатастар	20	д/ж
1316	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	25.04.1984	76	540	29,7	15,3	Құмдақтар	19	д/ж
1317	50	5	4,14	0,09	1	жоқ	жоқ	31.08.1982	8	532	14	15	Көмірлі тақтатастар	д/ж	д/ж
1318	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	03.04.1987	140	535	36,3	д/ж	Құмдақтар	50	Бұдырлы бедер, белестің биіктігі 1,0 м дейін
1319	жоқ	4	2		жоқ	жоқ	жоқ	25.04.1985	74	531	29,4	29	Туфолава	22	д/ж
1320	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	12.06.1983	138	530	36,2	17,4	Тақтатастар	16	Бедер толқынды, бедердің биіктігі, 0,5 - 1,0 м
1321	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	04.07.1982	136	526	36	17,1	Алевропелит	д/ж	Бедер толқынды, бедердің биіктігі 0,5 - 1,0 м
1322	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	20.07.1985	74	466	29,4	д/ж	Плагиогранит	22	д/ж
1323	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	27.10.1984	165	524	38,4	34	Тақтатастар	д/ж	Әлсіз толқынды бедер
1325	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	06.10.1983	82	508	30,4	д/ж	Құмдақтар	д/ж	д/ж
1326	жоқ	6	5		4	3	жоқ	20.06.1987	126	530	35,1	17,32	Тақтатастар	д/ж	эпиорталықта жалпы көтерілу байқалады

Ұңғыма №	C_nH_{2n}, мг/м^3	CO мг/м^3	CO_2, мг/м^3	H_2, мг/м^3	SO_2, мг/м^3	H_2S, мг/м^3	CH_4, мг/м^3	Жарылыстың уақыты	Жарылыстың қуаты, кт	Зарядтың орналасу тереңдігі, м	Қуыстық радиусы, м	Жерасты суларының деңгей, м	Тау жынысы	Қопсымалы жыныстардың қуаты, м	Ойық көріністердің орын алуы
1328	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	22.01.1989	118	535	34,3	д/ж	д/ж	д/ж	д/ж
1331	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	19.02.1984	50	532	25,8	15,4	андезитодациті порфириттер лавасы	32	д/ж
1332	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	15.11.1987	100	531	32,5	17,1	Гранит	д/ж	Бұдырлы бедер, абсолютті белгілердің тербелісі 0.5 дейін
1335	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	29.03.1984	83	475	30,5	17	андезитодациті құрамдар лавасы	58	Бұдырлы бедер, абсолютті белгінің тербелісі шамамен 1,5 м
1336	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	03.04.1988	135	530	35,9	д/ж	д/ж	д/ж	д/ж
1340	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	10.02.1985	60	529	27,4	д/ж	д/ж	д/ж	Әлсізтолқынды бедер
1341	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	15.06.1985	115	535	34	19	туфогенді құмдақтар	39	Бұдырлы бедер, абсолютті белгілердің тербелісі 1,0 дейін
1344	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	14.07.1984	135	528	35,9	д/ж	Құмдақ тақтастар, көмірлі-сазды, мүйізшеленген	д/ж	Бұдырлы бедер, абсолютті белгілердің тербелісі 1,0 дейін
1346								17.12.1988	68	535	28,6	10,65	Алевролит	17	д/ж
1348	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	02.08.1987	100	526	32,5	16,36	Хлоритті тақтатастар	46	Бұдырлы бедер, абсолютті белгілердің тербелісі 1,0 дейін
1350								14.09.1988	108	642	33,3	9	Граносиенит	31	Толқынды бедер

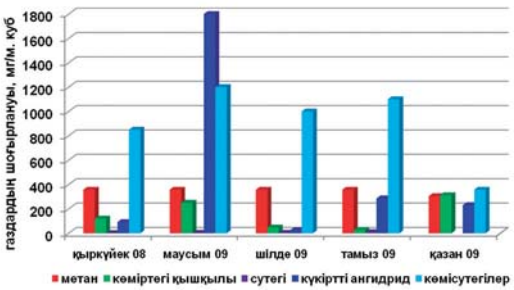
Ұңғыма №	C_nH_{2n}, мг/м³	CO мг/м³	CO_2, мг/м³	H_2, мг/м³	SO_2, мг/м³	H_2S, мг/м³	CH_4, мг/м³	Жарылыстың уақыты	Жарылыстың қуаты, кт	Зарядтың орналасу тереңдігі, м	Қуыстық радиусы, м	Жерасты суларының деңгей, м	Тау жынысы	Қопсымалы жыныстардың қуаты, м	Ойық көріністердің орын алуы
1352	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	08.07.1989	22	535	19,6	17,7	Граносиенит	5	д/ж
1353	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	28.12.1984	105	531	33	17,78	алевропсаммитті туфокұмдақтар	46	Бұдырлы бедер, абсолютті белгілердің тербелісі 0,5 м-ге дейін
1354	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	30.06.1985	86	525	30,9	д/ж	д/ж	д/ж	Сағаның маңайында – бедердің төмендеуі
1355	жоқ	жоқ	4,09	0,71	55,6	жоқ	3,56	13.12.1987	130	530	35,5	д/ж	Кремнийлі тақтатастар	д/ж	Шұңқырдың көлемі: диаметрі –20 м, тереңдігі – 12 м-ге дейін
1359	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	04.05.1988	132	519	35,6	д/ж	Тақтатастар	д/ж	Әлсіз бұдырланған бедер
1361	жоқ	жоқ	0,4	0,18	59,6	жоқ	жоқ	13.02.1988	125	527	35	19,2	туфогенді құмдақтар	15	д/ж
1365	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	19.10.1989	70	628	28,8	20	кремнийлі құмдақтар 585 м	22	д/ж
1366	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	12.02.1989	135	535	35,9	д/ж	Туфобрекчия	д/ж	д/ж
1384	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	17.04.1987	126	535	35,1	д/ж	д/ж	д/ж	д/ж
1388	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	27.12.1987	117	530	34,2	17,76	Брекчия	67	Бұдырлы бедер, абсолютті белгілердің тербелісі 1,5 м дейін.
1400	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	29.05.1977	44	393	24,7	7,15	Мүйізделген алевролиты	28	Бұдырлы бедер, абсолютті белгілердің тербелісі 0,5 м дейін.
1410	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	02.09.1989	6	478	12,7	д/ж	андезитті порфирит-тер туфы	д/ж	д/ж

Ұңғыма №	C_nH_{2n}, мг/м^3	CO мг/м^3	CO_2, мг/м^3	H_2, мг/м^3	SO_2, мг/м^3	H_2S, мг/м^3	CH_4, мг/м^3	Жарылыстың уақыты	Жарылыстың қуаты, кт	Зарядтың орналасу тереңдігі, м	Қуыстық радиусы, м	Жерасты суларының деңгей, м	Тау жынысы	Қопсымалы жыныстардың қуаты, м	Ойық көріністердің орын алуы
1411	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	02.12.1984	80	450	30,2	17,8	андезитті порфириттердің кристалды туфы	д/ж	Бұдырлы бедер абсолютті белгілердің тербелісі 2м дейін
1412	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	12.11.1988	15	395	17,3	20,6	андезитті порфириттер туфы	24	Бұдырлы бедер, абсолютті белгілердің тербелісі 1м-ге дейін
1414	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	26.05.1984	150	489	37,2	12,1	Алевролит	87	Ойық шұңқыр тереңдігі 3 м-ге дейін, диаметрі – 10 м-ге дейін
1415	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	26.12.1982	42	441	24,3	25	Андезитті порфириттер туфы	20	д/ж
1421	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	14.06.1988	4	271	11,1	д/ж	Андезитті порфириттер туфы	35	д/ж
1061-бис	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	15.06.1985	115	463	34	д/ж	д/ж	д/ж	д/ж
1207-бис	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	23.11.1976	74	535	29,4	19,05	Құмдақтар 514 м	45	Аз толқынды бедер
Глубокая	жоқ	жоқ	0,78	0,81	28,8	жоқ	жоқ	30.11.1977	70	535	28,8	74	Конгломерат	59,7	Ойық шұңқыр тереңдігі 15 м-ге дейін, диаметрі – 250 м-ге дейін
Глубокая-1	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	23.12.1979	137	535	36,1	д/ж	д/ж	д/ж	Эпиорталықтан 1 м-ге дейін көтерілуі байқалады
А	жоқ	жоқ	жоқ		жоқ	жоқ	жоқ	30.06.1975	4	535	11,1	д/ж	қара-сұр алевролит	56	д/ж
Ескерту: жоқ – д/ж- деректер жоқ															

2.2.2. «Қатерлі» ұңғымалардың газдық құрамын бағалау

Тау жыныстарының газификациялану процесінің қарқынын зерттеу үшін 2009 жылы «қатерлі» ұңғымаларда газды мониторинг (1010, 1355, 1086, 1236, 1061, 1267, 1053, 1313) жасалды [20]. Мониторинг 2009 ж. тамыз айынан қараша айына дейін өткізілді. Ауа сынамаларындағы газдың құрамын және шоғырлануын анықтау «әскери» ұңғымалардың сағалық алаңындағы үш нүктеде жасалды: бақылау ұңғымасының діңгегінен тікелей алынды, алдын ала орнатылған жинақтаушы ыдыстан, жинақтау ыдысы орнатылған нүктеден тікелей атмосфералық алуға байланысты жасалды.

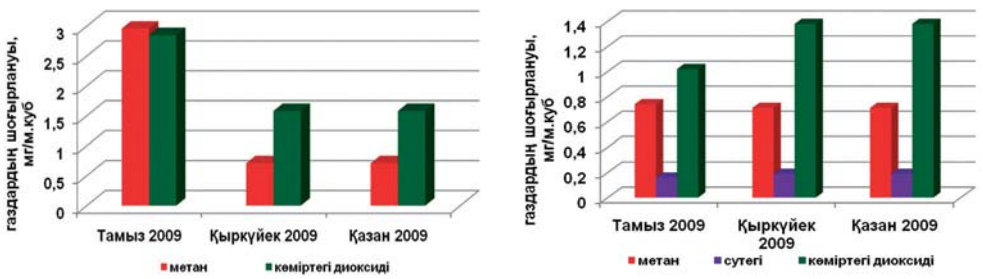
1010 ұңғымасындағы газды мониторингтің нәтижелері төмендегі суретте келтірілген (19-сурет).



19-Сурет. 1010 ұңғымасындағы газды мониторингтің нәтижелері

Газды мониторингті өткізу кезеңдегі газдың шоғырлану қарқынында келесі ерекшеліктер байқалды. Маусым айынан қазан айына дейін көміртегінің топырақ ауасындағы құрамына қатысты тұрақтылығы байқалды, қазан айында шоғырланудың кенеттен төмендеуі 1100 ден 357 мг/м^3 –ге дейінгі аралықта болды. Тамыз айында күкіртті ангидридтің шоғырлануының кенеттен төмендеуі 1800 -ден 25 мг/м^3-ге дейн орын алды, одан кейін тамызда 286 мг/м^3 –ге дейін жоғарылады және қазан айында шоғырланудың болмашы түрде 230 мг/м^3-ге дейін дейін төмендеуі орын алды. Басқа газдардың (метан, көміртегі оксиді, көміртегі диоксиді және сутегі) құрамының қарқыны айтарлықтай өзгеріске түскен жоқ. Топырақ ауасындағы олардың мәнінің жоғарылауы да, төмендеуі де байқалды.

Басқа ұңғымаларды бақылау нәтижесінен, көптеген ұңғымаларға тұрақты газды жағдай тән екені байқалды. Төмендегі суретте 1313 және 1267 ұңғымалардағы газды мониторингтің нәтижелері келтірілген (20-сурет).



а б

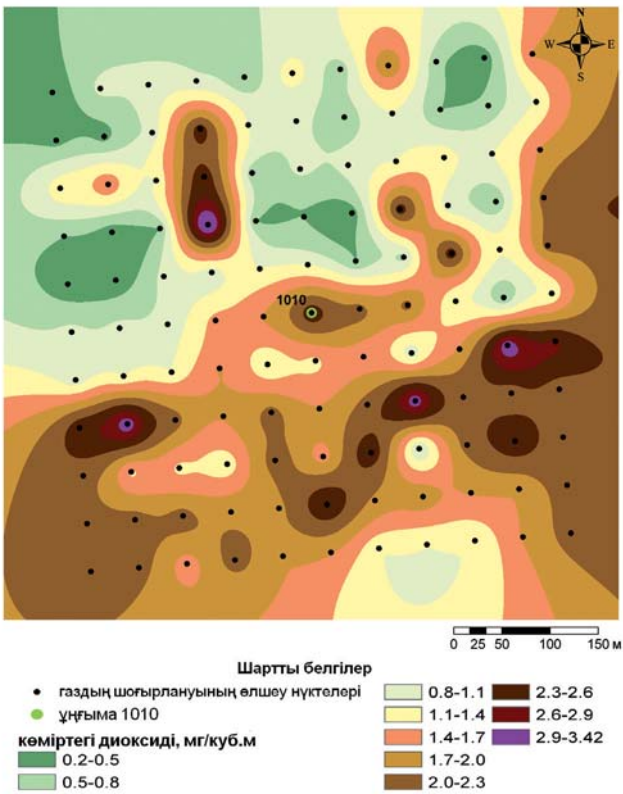
20-Сурет. а) 1313, б) 1267 ұңғымалардағы газды мониторингтің нәтижелері

Жердің бетіне шығатын газдың шоғырлануы болмашы түрде төмендеуі де, жоғары болуы да байқалды. Газды құрамның қарқындылығының қандай-да бір заңдылығы анықталған жоқ, басқаша айтқанда тау жыныстарының жерасты газификациялану процестерінің азаюы немесе күшею белгісі болған жоқ.

2.2.3. Жердің беткі қабатына тау жыныстарының блоктарынан газдың шығу ерекшелігін зерттеу

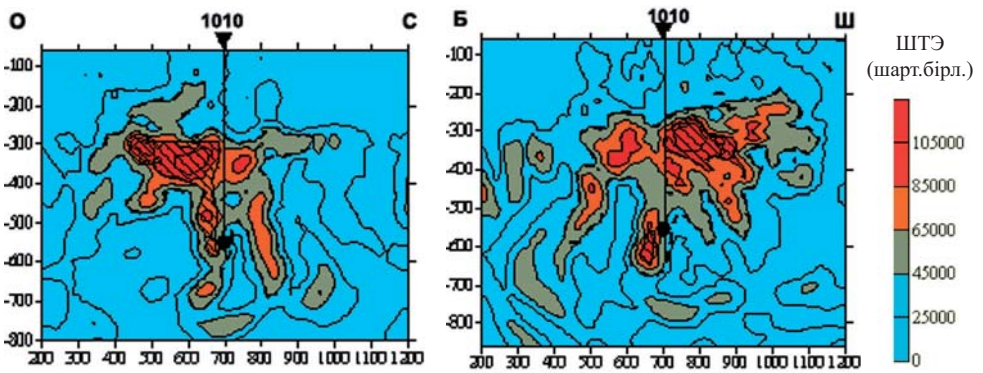
Жердің беткі қабатына тау жыныстарының блоктарынан газдың шығу ерекшелігін нақтылау үшін, 1010 және 1355 ұңғымаларының сағалық алаңдарында алаңдық газды түсіру жұмыстары басталды [20]. Бақылау нүктелерінде метан газы мен көміртегі диоксидінің шоғырлануын өлшеу жұмысы жүргізілді. Аталған газдар көміртегі құрамдас жыныстардың жану процесіне көбірек тән, сонымен қатар 1010 ұңғымасындағы телімде аялық шоғырлану мәні екенін ескеру қажет.

1010 ұңғыма. Зерттеулердің нәтижелері бойынша, метанның шоғырлануы барлық зерттелген телімде де аялық мәннен аспайды. Бақылау нүктелеріндегі көміртегі диоксидінің шоғырлануын анықтау бойынша талдамалардың нәтижелері төмендегі суретте келтірілген (21-сурет).



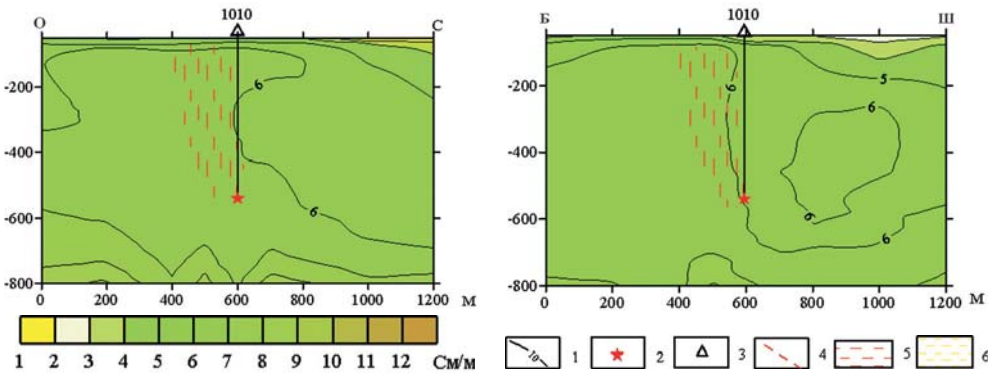
21-Сурет. 1010 ұңғымадағы көміртегі диоксидінің шоғырлануын анықтау сұлбасы

Сұлбада көрсетілген деректер бойынша, ЖЯЖ эпиорталығының оңтүстік жағында жатқан аумақта CO_2 шоғырлану мәні жоғары екенін байқауға болады. Аталған аумақтың оңтүстік-шығыс және оңтүстік-батыс бөлігіндегі аумақта CO_2 жоғары мәні байқалған екі аймақ ерекшеленеді. Бұл аймақтар жоғары деңгейдегі газтасымалдаушы құрылымға ауқымды түрде өтетін аймақтар ретінде сипаттауға болады. Аталған бағалау геофизикалық деректердің нәтижесін нақтылайды (22-сурет).



а б

1 - максималды сызаттану және бөлшектену аймағы, 2 – сызаттылығы жоғары аймақтар,3 – бірл. шарты негізіндегі шашыраған толқындардың энергиясының изосызығы (дифрагирленген), 4 – ЖЯЖ гипоцентрі



в г

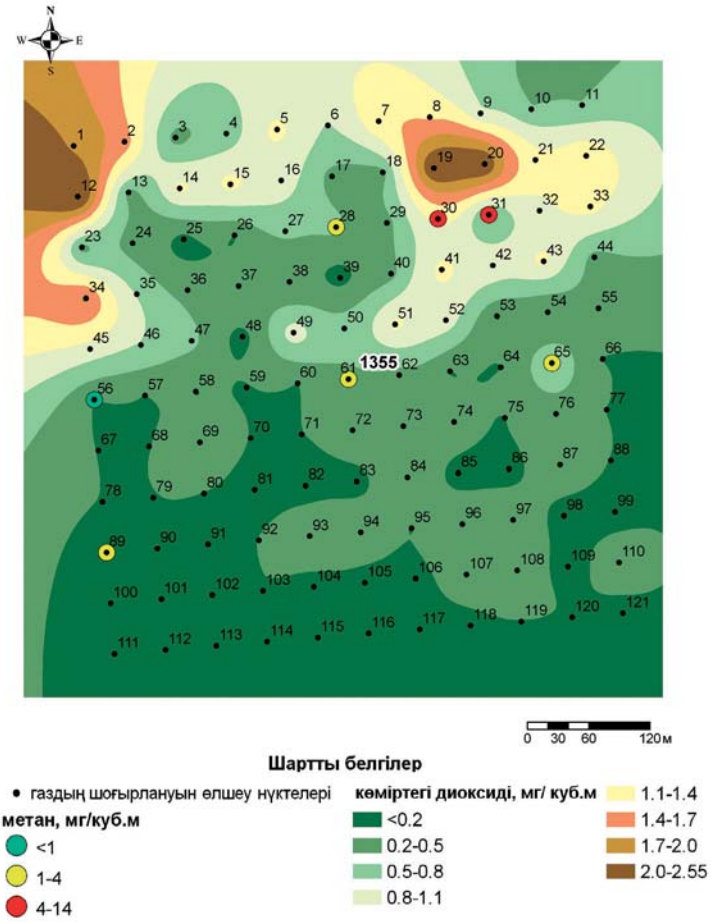
1 – изосызықтар; 2 – жарылыстың гипоцентрі; 3 – ұңғыманың сағасы; 4 – тектоникалық бұзылулар; 5 – әлсіреген аймақтар; 6 – қопсыған шөгінділер

22-Сурет. 1010 ұңғымадағы геофизикалық зерттеулердің нәтижелері. ДШТӘ деректері бойынша шашыраған толқындардың (дифрагирленген) энергиясының тік кесінділері: а – меридионалды; б – ендік. ЖАҚШ деректері бойынша бойлық электрлік өткізудің танылатын геоэлектриялық кесіндісі: в – меридионалды; г – ендік.

1010 ұңғымасының кесіндісі төментаскөмірлі жастағы қоянды кен қабатының тұнбалы жыныстарының қайта қатпарланған – құмдақтар мен көмірлі-саздытақтатастар. Сейсмобарлау деректері бойынша бөлшектенудің және сызаттанудың аймағы кіретін

аймақ оңтүстік-шығыста көбірек, ал аз түрде телімнің оңтүстік-батыс бөлігінде жалпы алғанда, CO_2 жоғары мәнінің конфигурациясымен сәйкес. Бұрғылаудың деректері бойынша, нақты осы арақашықтықта (300 – 450 м) тектониканың көрініс көп байқалады, ол ЖЯЖ тау жыныстарының әркелкі қабатында өткізілді және оның орталығынан жоғары қабатта әлсізденген деструкциялық әсер етуі арқылы жасалды. Жоғарыда суреттелген интерпретацияның шынайылығы электрлік барлаудың деректері бойынша қомақты түрде өзгереді. № 1010 ұңғымасының аумағында геоэлектрикалық жағдай көлденең өткізгіштігі жоғары құрылымның бар екенін көрсетеді. Бұл әлсіреген аймақ, оңтүстік және батыс бағыттарда көтеріледі. Жоғарыда суреттелген жағдайлардан газға арналған негізгі өткізгіш құрылымдардың әлсіреген аймағы болады деп айтуға болады және тау жыныстарында газификациялану процесі өтетін ауқымды ошақтар болып табылады.

1355 ұңғыма. 1355 ұңғымасындағы көміртегі диоксиді мен метанның таралу сипаты төмендегі суретте келтірілген (23-сурет) [21].



23-Сурет. 1355 ұңғымасы. Көміртегі диоксиді мен метанның алаңдық таралуы

Сұлбада келтірілген деректер бойынша, солтүстік жағынан ЖЯЖ эпиорталығына жақын жатқан аумақта көміртегі диоксидінің жоғары мәнде шоғырлануын байқауға болады. Аталған аймақтың шегінде бұл газдың жоғары мәнде шоғырланған екі аймағы анық байқалады. Аталған аумақта метанның таралуы ауқымды сипатта (23-сурет). Тек 7 нүктеде ғана мөлшерлік мәндер алынды. Сонымен қатар, максималды шоғырлану 14 мг/м^3 –дейін, солтүстік-шығыс аймақтың шегінде көміртегі диоксидінің жоғары мәні анықталды. Осылайша, анықталған аймақтарды жоғары дәрежедегі газ тасымалдаушы құрылымның ауқымды түрде өтуі түрінде сипаттауға болады.

Тритий. Қатерлі ұңғымалардың бірқатар телімдерінде жоғарыда айтылған газдардан басқа, атмосфералық және топырақ ауасында тритийдің де құрамы бар екені анықталды [21]. Сынамаларды алу әдісінің негізі ретінде ауаның құрамындағы су буларының қабілеттілігі радиатордың пластинасының бетінде конденсатталады, сұйық азотпен шық нүктесінен төмен температураға дейін суытылады. Радиатордың пластинасының температурасы 0°С-тен біраз төмен болса, пластинаның беткі қабатындағы су буларымен байланысы кристалдануымен аяқталады.

Су буларымен жеткілікті мөлшерде үсіту процесі аяқталған соң, суықөткізгіш радиаторын Дьюар ыдысынан алып, Петри табақшасына орналастырды. Көлемі 5 мл кем емес сынаманы еріген соң ыдысқа орналастырады, герметиктейді және тритийдің құрамын анықтау үшін тасымалдайды. Су буларының сынамаларында тритийдің шоғырлануын анықтау үшін «TriCarb-2900 TR» сұйықсцинтилляционды есептегіште өлшеу жүргізілді. Зертханалық талдамалардың нәтижелері 4-кестеде келтірілген.

4-Кесте

Топырақ және атмосфералық ауадағы тритийдің құрамы

Сынама алу нүктесі	Сынама алынған мерзім	^{3}H, Бк/м^3		$^3H_{топыр}$ / $^3H_{атм}$
		топырақ	атмосфералық	
1010/1 ұңғ.	15.09.2009	0,4 ± 0,04	0,2 ± 0,02	2
1313/1 ұңғ.	15.09.2009	1,8 ± 0,1	1,4 ± 0,1	1,29
1267/1 ұңғ.	16.09.2009	4,6 ± 0,4	0,6 ± 0,06	7,67
1236/1 ұңғ.	16.09.2009	0,1 ± 0,01	0,35 ± 0,03	0,29
1086/1 ұңғ.	16.09.2009	0,9 ± 0,09	0,3 ± 0,03	3
1061/1 ұңғ.	16.09.2009	0,8 ± 0,08	0,2 ± 0,02	4
1355/1 ұңғ.	17.09.2009	2,6 ± 0,2	2,1 ± 0,2	1,24

Келтірілген деректер бойынша барлық ұңғымаларда, 1236 ұңғымадан басқа, тритийдің топырақ ауасындағы шоғырлануы атмосфералық ауаға қарағанда жоғарылау. Тритийдің ауадағы шоғырлану деңгейі ЖЯЖ ерекшеліктеріне байланысты және тау жыныстары массивінің деформациялану дәрежесіне байланысты, себебі аталған жағдайда қопсыған шөгінділердің қалыңдығына байланыстылығы байқалмайды. ЖЯЖ орталық аймақтарынан тритийдің жердің бетіне түсу ерекшеліктерін зерттеуді жалғастыру қажет, себебі аталған факторды «қатерлі» ұңғымаларға газды мониторинг жасау барысындағы тау жыныстарының массивіне газдың өтуін бағалау үшін

пайдалануға болады. Топырақ және атмосфералық ауадағы тритийдің шоғырлануын анықтаудың жоғарыда аталған әдісі тритийді есепке алуды жобалайды, ол сутегінің, метанның және басқа да көміртегілердің құрамында болуы мүмкін.

3. НӘТИЖЕЛЕРДІ ТАЛҚЫЛАУ

Тау жыныстарының жерасты газификациялануының ЖЯЖ аумағында орын алуы негізгі зардаптарының бірі болып табылады және бұзылмаған қазаншұңқырлардың қуыстарының көлемінің ұлғаюы болып табылады. Бұндай қатердің болуына тау жыныстарының апаттық опырулар және «Глубокая» ұңғымасындағы жарылыс дәлел бола алады. Қазаншұңқыр қуысындағы омырулар кез-келген уақытта орын алуы мүмкін және төмендегі зардаптар ілесуі мүмкін:

- жербетінің отыруы;
- газдың шығарылуы, жарылыстың болуы және өртке ұласуы;
- ЖЯЖ жоғарыбелсенді өнімдерінің қазаншұңқыр қуысынан шығарылуы.

Бұндай көрініс Балапан алаңында пайдалы кенорындарын өңдеумен айналысып жатқан кәсіпорындар үшін қауіпті болып табылады («Қаражыра» көмір кенорны және «Арман» мыс-молибден кенорны). Жақын «әскери» ұңғымалар өңделіп жатқан кенорнынан шамамен 2 км шекарасының шегінде жатыр. Қазандық қуыстарының бұзылуы тау техникасы мен жарылыс жұмыстарының әсерінен пайда болған сейсмикалық тербелістің әсерінен пайда болған. Ұңғымадан кез-келген газды шығарылу барысында жер бетіне радиоактивті өнімдердің жербетіне шығарылуымен ілеседі, бұл қолайсыз метеорологиялық жағдайы орын алған уақытта жақын жатқан аумақтың ластануына алып келеді және тұрғындардың апаттық сәулеленуіне де алып келеді.

Қуыстардың дамуы және ұлғаюы бірқатар ұңғымалардың беткі қабатының отыруынан көруге болады. 2005 ж. 1355 ұңғымада әлсіз бұдырланған беткі қабат байқалды, ал 2008 ж. ұңғыманың сағасынан оңтүстік бағытқа қарай 25 м аралықта қазаншұңқыр анықталды, оның диаметрі шамамен 20 м және тереңдігі 12 м (24-сурет).

а б в

24-Сурет. Балапан алаңы: а) 1355 ұңғымаға оңтүстік жақтан қарағандағы телімнің жалпы көрінісі, 2005 ж.; б) сағадан оңтүстікке қарай 25 м ойық қазаншұңқыр, 2008 ж.; в) сол көрініс 2009 ж.

Алынған деректер, ЖЯЖ орталық аймақтарында орналасқан тау жыныстарының газификациялану процесінің қарқыны жайлы сауалға жауап беруге жеткіліксіз. Ұңғымалардың қатары бойынша ойық көріністердің механизмі мен табиғаты жайлы мәселе әзірге ашық күйінде тұр. Бұл ойықтар тау жыныстары кеңістіктерінің біртіндеп толтырылуы нәтижесінде пайда болған қазаншұңқыр қуысының және

бұзылу бағанының немесе тау жыныстарының жерасты газификациялану нәтижесінде ЖЯЖ орталық аймағында ұлғаюы нәтижесінде орын алуы мүмкін. Бұл процесс, осы жағдайда 40 жылдан аса жүріп жатқандықтан, оның жақын болашақта да өтеді деп болжауға болады. ЖЯЖ қазаншұңқырларының қуысында өтіп жатқан процестерді болжау үшін, қауіптілік дәрежесін бағалау және болуы мүмкін төтенше жағдайлардың алдын алу үшін, бірқатар шаралар кешенін әзірлеу және іске асыру қажет.

Өткізілген зерттеулерден, Балапан алаңындағы тау жыныстарының газификациялану процесі жалғасуда және тұрақты сипатта екені байқалды. Апаттық сипаттағы жарылысалды ауқымды көріністер орын алған жағдайлар анықталды. Балапан алаңында қазіргі уақытта белсенді шаруашылық қызметі жүргізіліп жатқандықтан, тау жыныстарының жерасты газификациялаудың ілеспелі процестерін бағалауға байланысты өрттің шығуы, ЖЯЖ қазаншұңқырының қуыстарының омырылуы және жабылған радиоактивті заттектердің жер бетіне шығарылуы мүмкін болуы себепті зерттеулер жүргізу қажет. Процестің қарқынын зерттеу үшін барлық қатерлі деген ұңғымаларда жыл бойында айына бір реттен кем емес бақылау жүргізе отырып, газды мониторинг ұйымдастыру қажет. Өткізіліп жатқан жұмыстардың ақпараттануын жоғарылату үшін, қосымша зерттеу әдістерін пайдалану бойынша ұсыныстар төменде келтірілген.

Бақылау ұңғымалары. Балапан алаңындағы ЖЯЖ өткізілген аумақта газданудың негізгі мәселелері болып қалыңдығы 90 м-ге дейін болатын қопсыған шөгінділердің орын алуы болып табылады. Саз және саздақ секілді қопсыған шөгінділер жерүстіне газдың шығуына кедергі келтіреді. Газды мониторингтің тиімді деген әдісі ретінде түптік жыныстардың жабынына дейін бұрғыланған бақылаушы ұңғымалар жатады. Егер газ максималды шоғырланған жерлерден бұрғыланатын болса, бұрғылау ұңғымаларын пайдалану тиімді болып табылады. Ол үшін ЖЯЖ эпиорталықтағы аймақтарында жоғары дәрежеде газ бөлінуінің ауытқуын анықтау қажет. Зерттеу нәтижелерінен, газ бөліну құрылымы «әскери» ұңғыманың сағасынан 100 м-ден аса арақашықтықта жатқанын көрсетті. Жоғары дәрежеде газбөліну және жылутасымалдау бір өткізу құрылым бойынша өткізілетіндіктен, барлық «газ шығаратын» ұңғымаларда ртутометриялық, жылу және газды түсіру жұмыстарын жүргізу қажет.

Математикалық үлгілендіру. Жер қыртысындағы жылу массасын тасымалдау процесіне жерасты ядролық жарылыстардың әсер етуін мөлшерлік бағалау үшін математикалық үлгілеуді құру міндеті жеке қызығушылық тудырады. Аралас ғылымдардың (геология, деформациялану және бұзылу механикасы, жанудың физикасы және химиясы) тоғысқан жерінде ұсынылған үлгі, тау жыныстары массивінің құрылымдық-тектоникалық құрылысының ерекшеліктеріне байланысты, тау жыныстарының жерасты газификациялану процестерінің дамуын уақытша-кеңістікте сипаттау және пайда болуға байланысты болжамдық міндеттерді шешу үшін қолдануға болады.

ҚОРЫТЫНДЫ

Балапан алаңындағы «қатерлі» ұңғымалардың орналасқан жеріндегі тау жыныстарының газификациялану процесі жалғасуда және тұрақты сипатқа тән. Ерекше назарды 1010 ұңғымасының жай-күйіне аудару қажет.

Осыған байланысты, ССП ЖЯЖ өткізілген жерлерде тау жыныстарының газификациялану процестері апаттық сипаттағы көріністердің орын алуымен байланысты болғандықтан, тиімді мониторингті ұйымдастыру бойынша, сонымен қатар уақытша-кеңістікте сипаттауды бағалауға қатысты олардың дамуы, тау жыныстары массивінің құрылымдық-тектоникалық құрылысының ерекшеліктеріне байланысты зерттеулерді жалғастыру қажет.

Анықталған «қатерлі» ұңғымалардағы газдардың құрамында және шоғырлануында қомақты өзгеріс бар, геологиялық құрылым мен гидрогеологиялық жағдайының ерекшеліктері өтіп жатқан газификациялау процесін нақтылау қажет. Қазіргі уақытта Қазақстанда ССП сынақ алаңдарының геологиялық құрылымы бойынша материалдар жоқ болуы себепті, бұл мәселені одан әрі зерттеу қиындығы туындап отыр. Осыған байланысты, бұл мақаланың авторлары Ресейлік жақтастарға қажетті құжаттарды беруге және ССП аумағындағы «қатерлі» ұңғымаларды зерттеу жұмыстарына қатысуын сұрайды.

Мақаланың авторлары Ұлттық ядролық орталықтың қызметкерлері В.Н.Деминге, С.А.Барановқа қор және мұрағаттық материалдарын ұсынғаны үшін; Геофизикалық зерттеу институтының қызметкерлері В.Е.Коноваловқа, Е.Ю.Пестовқа, Л.В.Бахтинге тақырып бойынша жұмыстарды ұйымдастырғаны және өткізгені үшін, Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының қызметкерлері А.О.Айдархановқа, В.А.Ульянкинге, В.А.Коровинге экспедициялық жұмыстарды орындағаны үшін, О.В.Кузевановаға, Н.А.Елизарьеваға, Е.А.Еременкоға, С.А.Барсуковаға деректерді өңдегені және жүйелендіргені үшін алғыстарын білдіреді. Ерекше алғыстарын ҚР ҰЯО АЭИ қызметкерлері В.В.Покровскийге, Г.Г.Головкоға және басқаларына газдардың құрамын және шоғырлануын анықтау бойынша далалық талдамалар жасағаны және ұйымдастырғаны үшін жолдайды.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. КСРО ҚМ 905 нысанның инженерлік-геологиялық жағдайы: 1:200000 масштабты инженерлік-геологиялық түсіру нәтижелері жайлы есеп / жет. Бардина И.Ю., Ветрова С.И. [және басқалары]. – 1976.
2. «Б» ал. геологиялық құрылымы, гидрогеологиясы және инженерлік-геологиялық жағдайлары: 1975 ж. есеп / орынд. Бардина И.Ю. [және басқалары].
3. *Броуд Г.Л.* Ядролық жарылыстың әсері. Кітап.: Ядролық жарылыстың әсері / Г.Л. Броуд. - М., 1971. - С. 153 – 202.
4. *Coleburn N.L.* Huguenot Equation of State Several Uncreated Explosives / N.L. Coleburn, T.P. Liddiard // J. Chem. Phys. – 1966. - V.44. - N5. - P. 1929 - 1936.
5. *Glasstone S.* Publish Safety and Underground Nuclear Detonations / S. Glasstone. – Washington: U.S. Atomic Energy Commis, 1971. – 276 p. (TID – 25708).
6. *Duff R.E.* The Chemistry of Gassbuggy Chimney / R.E Duff, L.M. Shalit // Nuclear Technol. – 1971. - V.11. - N3. - P. 390-399.
7. *Derlich S.* Underground Nuclear Explosion Effects in Granite Rock Fracturing / S. Derlich // In: Proc. Symp. on Engineer. with Nuclear Explosives, Las Vegas,

Nevada, January 14-16, 1970. - Washington, 1970. - P. 505-518 (conf. 700101 (v.1).
8. Семей сынақ полигоны. Құрылуы, қызметі, жабылуы / Авторлар ұжымы жетекш. В.С. Школьник. - А.: Қазақстан, 2003.
9. «Бұрынғы Семей сынақ полигонының қауіпсіздігін қамтамасыз ету» Республикалық бюджеттік бағдарлама 011 «Радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету»: 2006 жылғы есеп.
10. *Бусыгин В.П.* Жерасты ядролық жарылыстардың көпжылдық жылурадиациялық әсерлері және оларға экологиялық бақылау жасау / В.П. Бусыгин, А.И. Андреев, М.В. Щиплецов // Ғылым және қоғам: кеңестік атомдық жобаның тарихы: халықаралық симпозиумның баяндамаларының тез., 14-17 мамыр арал. – Дубна, 1996. -253 б.
11. *Бусыгин В.П.* Жерасты ядролық жарылыстың бөлінген аймағындағы жылурадиациялық көріністердің қалдығы / В.П. Бусыгин, А.И. Андреев, С.А. Косолапов [және басқалары] // Жерасты ядролық жарылыстардың және жерсілкінулердің мониторингі және оларды анықтау: халықаралық симпозиумның баяндамалары. - М., 1997. – Б. 17-21.
12. *Израэль Ю. А.* Бейбіт ядролық жарылыстар және қоршаған орта / Ю. А. Израэль. - Л.: Гидрометеобасылым, 1974. – С. 136 б.
13. *Нифонтов Б. И.* Жерасты ядролық жарылыстары/ Б. И. Нифонтов [және басқалары.]. - М.: Атомбасылым, 1965.
14. *Taylar R. W.* Thermal effects of underground nuclear explosions / R. W. Taylar // Nuclear Technology. - V. 18. - 1973. - P. 185-193.
15. Көмірден алынған химиялық заттектер /ред-ған. Калечица И.В. – М.: Химия, 1980.
16. Химиялық энциклопедия. Т. 1. - М.: Кеңестік энциклопедия, 1988.
17. «Бұрынғы Семей сынақ полигонының қауіпсіздігін қамтамасыз ету» Республикалық бюджеттік бағдарлама 011 «Радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету»: 2008 жылғы есеп.
18. МемСТ 12.1.014-84. Зиянды заттектердің шоғырлануын индикаторлы түтікшелермен өлшеу әдісі.
19. ВТИ-2 газоанализаторы пайдалану нұсқамалығы Техникалық ақпараттың орталық бюросы. – Москва, 1965.
20. Газдың сынамаларын іріктеуге және сақтауға арналған аспиратор Техникалық сипаттамасы. - В/О: Машаспап.
21. «Бұрынғы Семей сынақ полигонының қауіпсіздігін қамтамасыз ету» Республикалық бюджеттік бағдарлама 011 «Радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету»: 2009 жылғы есеп.
22. «Бұрынғы Семей сынақ полигонының қауіпсіздігін қамтамасыз ету» Республикалық бюджеттік бағдарлама 011 «Радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету»: 2010 жылғы есеп (жартыжылдық).

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРОТЕКАНИЯ ПРОЦЕССОВ КАТАСТРОФИЧЕСКОГО ХАРАКТЕРА НА ПЛОЩАДКЕ «БАЛАПАН»

С. Б. Субботин, С. Н. Лукашенко, С. В. Генова, Л. А. Русинова*, А. В. Дроздов*, Л. М. Чернова**

В статье представлены результаты исследования последствий подземных ядерных взрывов (ПЯВ), связанных просадочными явлениями и процессами подземной газификации горных пород. Сбор сведений о «боевых» скважинах на участке Балапан по литературным и фондовым источникам позволил составить полный их каталог и построить схему размещения. По результатам рекогносцировочных работ установлены провальные явления на ряде скважин, по данным топографического мониторинга эпицентральных зон впервые получены сведения об их динамике. В статье также представлены результаты по изучению состава и концентрации газов поступающих и блоков горных пород, вмещающих центральные зоны ПЯВ, на дневную поверхность. Дана оценка значимости опасностей, связанных с эффектами остаточных проявлений долговременной геотермальной активности в эпицентральных зонах ПЯВ, как локальных процессов катострафического характера. Для повышения информативности проводимых работ разработаны рекомендации по использованию дополнительных методов исследований.

Ключевые слова: Семипалатинский испытательный полигон, оксид углерода, метан, сероводород, подземная газификация, термическая деструкция, газовыделение

ASSESSMENT OF POSSIBILITIES FOR CATASTROPHIC EVENTS AT BALAPAN SITE

S. B. Subbotin, S. N. Lukashenko, S. V. Genova, L. A. Rusinova*, A. V. Drozdov*, L. M. Chernova**

The article presents the results of studies on the effects of underground nuclear explosions (UNE) related to subsidence phenomena and processes of underground gasification of rocks. Gathering information about the "warfare" boreholes on the test site "Balapan" according to literary sources and data funds allowed compiling a complete catalog and making their location layout. As a result of reconnaissance works there was found subsidence phenomenon in a number of boreholes, according to the topographic monitoring of epicentral zones information was obtained about their dynamics for the first time. The paper also presents the outcomes of the studying the composition and concentration of gases coming from blocks of rocks containing the central zone of UNE, to the surface. The estimation was done for the significance of hazards associated with long-term effects of residual manifestations of geothermal activity in the epicentral areas of UNE as local processes of the catastrophic nature. To increase the information content of work done, recommendations were developed for the use of additional research methods.

Keywords: Semipalatinsk test site, carbon monoxide, methane, hydrogen sulfide, underground gasification, thermal decomposition, gas emission.

УДК 550.4:577.4:504.53:669.3/.6

ССП ГЕОХИМИЯЛЫҚ АЯСЫ. ДЕГЕЛЕҢ ТАУЛЫ МАССИВІНЕ ІРГЕЛЕС ТЕЛІМДЕРДІҢ ТОПЫРАҒЫНДАҒЫ МИКРОЭЛЕМЕНТТЕР

А. А. Амиров, С. Н. Лукашенко, С. Б. Субботин, В. Д. Кириллов, В. П. Солодухин*, Н. М. Бердинова*, Д. А. Желтов*

Дегелең таулы массивіне іргелес телімдердің топырағы 30-дан аса химиялық элемент жалпы құрамына зерттелді. Бірқатар элементтердің олардың кларктарына байланысты құрамының ауытқушылығы жоғарғы деңгейде белгіленді. Алаңдық таралудың әртектілігі және олардың кларкты мәні бойынша, элементтердің орта мәнінің шоғырлану мәнінің жоғарылауы бойынша ауытқуды бағалау критерийлері таңдап алынды. Олардың кларктарына қатысты құрамының молибден, күшән және кадмийге қатысты жоғарылаудың орын алғаны анықталды. Шоғырлану бойынша элементтердің алаңдық таралуы барлық телімдерде анық байқалатын жергілікті дұрыс емес пішіндегі дақтары бар, диффренциалды сипатта орын алған.

Түйінді сөздер: кларк, элемент, шоғырлану, ауытқу, құрам, таралу, ауыр металдар, әсер ету.

ССП радиоактивті ластанулардан басқа радиоактивті емес уыттылардың (ауыр металдар және уытты элементтер) жоғары құрамымен ауытқулар бар орындар да бар. Ауыр металдар биологиялық нысандарға әсер етуі бойынша ерекше орын алады [1], өйткені жоғары уыттылықпен және канцерогенді әрекетімен сипатталады. Бұдан басқа, иондық сәулеленудің әсері кезіндегі салдарға ұқсас тірі ағзалардың жасушалық деңгейлеріндегі өзгерістер мен гендік мутациялар олардың әсерінің салдары болып табылады.

Зерттеудің түрлі жылдарында алынған деректер ССП геохимиялық аясын бағалау және су нысандарындағы (Дегелең алаңындағы су шыққан штольнялар), топырақтардағы (сағаалды телімдерінің топырақ сынамалары) және түптік шөгінділердегі берилий, марганец, молибден сияқты бірқатар химиялық элементтердің ауытқулы жоғары құрамы бар телімдерді анықтау бойынша зерттеу жұмыстарын жүргізу үшін негіздемесі қызметін атқарды [2].

1-кестеде аридті климат үшін орташа мәндерімен [3] және ауыз су үшін [4] ШРК салыстырғандағы Дегелең суларындағы элементтердің максималды құрамы туралы деректер ұсынылған.

1-Кесте

Дегелең табиғи суындағы микроэлементтердің құрамын аридті климат сулары мен ауыз су үшін ШРК орташа мәндерімен салыстыру кестесі

Элемент	Шоғырлану min-max	Аридті климат үшін шоғырланудың орташа мәні	Ауыз су үшін ШРК
	мкг/л		
Be	60÷445	0.3	0.2
Li	25÷120	40	3
Mn	20÷87000	135	100
Mo	20÷990	4	240
Zn	50÷8000	85	5000

1-кесте деректері бойынша Дегелең табиғи суларындағы микроэлементтер шоғырлануы жоғарылауының аридті климат үшін орташа мәннен асқандығы туралы қорытынды жасалды, бұл ауыз су үшін шекті рауалы шоғырлану мәндерінің жоғарылауы туралы маңызды.

№ 176 штольняның сағаалды алаңы топырағы сынамаларындағы сілтілендірушілердегі сирек жер элементтерінің (СЖЭ) сомасының құрамы туралы деректер олардың топырақтағы орташа (кларктімен) құрамымен қосымша салыстырылды, бұл құрамда кларкті құрамнан 3 еседей жоғарылауы тіркелген. Сілтілендірушілер топырақтың 100 г сынамасының құрамында бар HCl ерітіндісінің 1М ретінде берілген. Деректер 2-кестеде берілген.

2-Кесте

№ 176 штольня топырағы сынамасындағы сілтілендірушілердегі сирек жер элементтерінің құрамы

Элемент	Сынамалардағы шоғырланудың арифметикалық орташа мәні	Топырақта-ғы орташа құрам (кларк)	Элемент	Сынамалардағы шоғырланудың арифметикалық орташа мәні	Топырақтағы орташа құрам (кларк)
Dy	$6 \cdot 10^{-4}$	$5{,}2 \cdot 10^{-4}$	Nd	$0{,}3 \cdot 10^{-4}$	$0{,}3 \cdot 10^{-4}$
Er	$3{,}5 \cdot 10^{-4}$	$2{,}8 \cdot 10^{-4}$	Pr	$8 \cdot 10^{-4}$	$6{,}2 \cdot 10^{-4}$
Eu	$1 \cdot 10^{-4}$	$1{,}2 \cdot 10^{-4}$	Sm	$4{,}4 \cdot 10^{-4}$	$7{,}5 \cdot 10^{-4}$
Gd	$5 \cdot 10^{-4}$	$7{,}5 \cdot 10^{-4}$	Tb	$7{,}2 \cdot 10^{-3}$	$1{,}2 \cdot 10^{-4}$
Ho	$0{,}8 \cdot 10^{-4}$	$1{,}5 \cdot 10^{-4}$	Tm	$3 \cdot 10^{-3}$	$0{,}2 \cdot 10^{-4}$
La	$4{,}8 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	Yb	$1 \cdot 10^{-4}$	$0{,}8 \cdot 10^{-4}$
Lu	$0{,}4 \cdot 10^{-4}$	$0{,}8 \cdot 10^{-4}$	∑ РЗЭ	$1{,}8 \cdot 10^{-2}$	$6{,}5 \cdot 10^{-3}$

2-кесте деректері бойынша топырақтағы СЖЭ аса жоғары құрамы туралы болжам айтуға болады, өйткені сілтілендіруші әдісі кезінде олардың жалпы құрамының аздаған бөлігі су фазасына өтеді.

1. ДЕГЕЛЕҢ ТАУЛЫ МАССИВІНЕ ІРГЕЛЕС ПАЙДАЛЫ ҚАЗБАЛАРДЫҢ КЕН ОРНЫ

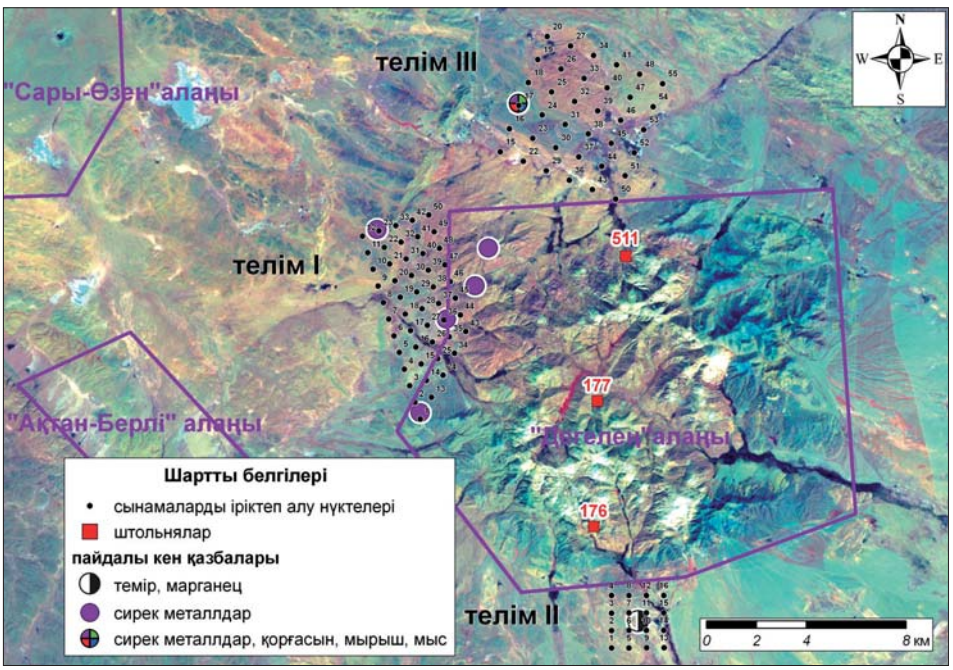
Вольфрам, бериллий және молибден геологиялық деректер бойынша Дегелең таулы массиві үшін аса тән элементтер болып табылады. Цирконий, сүрме және қалайы кездеседі. Дегелең тауының батыс баурайында кенді дала жасап, вольфрамды кенденуі бар грейзенді денелер орналасқан. Сирек металдардың минералдануын сіңіретін грейзенді денелердің көптеген саны Оңтүстік және Солтүстік телімдерде шоғырланған. Кендердің құрамында вольфрамит, гематит, пирит, сфалерит, галенит, шеелит, молибденит, берилл және басқа минералдар бар. Вольфрам тотығының құрамы 0,5 – 4,5 %, молибденнің – 0,15 %, висмуттың – 0,1 % құрайды. Кен орындарының жанында Шығыс Дегелең, Батыс Дегелең, Жамбасбұлақ және Сәтбай цирконийлі кен пайдаболу орындары орналасқан.

Дегелең тауларынан солтүстікке қарай 30 км-де соңғыкарбонды-ертепермдік граниттер арасында толық зерттелмеген вольфрам-молибденді Майлықара кенпайда-болуы орналасқан. Топырақ сынамаларында вольфрамның тотығы 3,96 %, молибденнің – 0,73 % жетеді.

Қаражал кенорны Дегелең таулы массивінің солтүстік бөлігінде орналасқан. 9 кенді скарндер денесі белгілі. Ең ірі дененің өлшемі 500 м × 100 м. Минералды құрамы бойынша келесідей скарндер бөлінеді: магнетитті, гранатты, гранат-везувианды, пироксен-гранатты, гранат-флюоритті. Магнетитті скарндердегі темірдің құрамы 6,36–37 % құрайды. Мыс (0,13–3 %), қорғасын (до 1,2 %) және мырыш (0,19–1,14 %) ілеспелі металдар болып табылады. Бериллийлік минералдану хризобериллмен және бериллий құрамдас везувианмен берілген, басқа бериллийлік минералдар аз мөлшерде кездеседі. Берилий тотығының – 0,2 %, вольфрам тотығының – 0,4 %, молибденнің – 0,02 % және қалайының құрамы – 0,02 %.

2. ТӘЖІРИБЕЛІК БӨЛІМ

Топография жағынан зерттеуді жүргізу ауданы Дегелең таулы массивіне іргелес барланған кен орындары туралы геологиялық деректері есепке ала отырып анықталды. Зерттеу телімдері химиялық аяға кен орнының болжамды әсері есебімен анықталды. Кен орындарының сұлбасын жан-жақты зерттеу кезінде Дегелең таулы массивіне тікелей жақын үш зерттеу телімі таңдап алынды. Зерттеу телімдері сұлбасы мен барланған пайдалы қазба кен орындары орналасқан орындар 1-суретте берілген.



1-Сурет. Сынамаларды іріктеп алу телімдерінің сұлбасы және барланған пайдалы қазбалар кен орындарының орналасуы

Ауытқуларды анықтау мақсатында сынамаларды іріктеп алу үшін аталған зерттеу телімдерінде ауқымы 1:100000 1000×1000 м торшамен шашырау ағындары бойынша литохимиялық түсіру қолданылды. Ауқымдылық геохимиялық ауытқуларды анықтау жөніндегі мәселе жағдайларына қарай анықталды. Топырақ сынамаларын іріктеп алу Дегелең таулы массивіне іргелес үш телімнен және Дегелең алаңының № 176, № 177, № 511 штольня су ағындарында жүзеге асты.

Таулы массивтің солтүстік-батыс жағынан № 1 телімде сынамаларды іріктеп алудың 50 нүктесі бар. Оңтүстік жағынан № 2 телім іріктеп алудың 16 нүктесі бар. Солтүстік жағынан № 3 телімде 36 нүкте бар.

Штольня су ағындарындағы топырақ сынамаларын іріктеп алу су ағынынан 0,5 м қашықтықта, су ағыны шығуынан бастап шамамен әр 100 м сайын жүргізілді.

Топырақ сынамаларын іріктеп алу топырақ сынамасын іріктеп алушының көмегімен шаншып алу әдісімен жүргізілді. Сынамаларды іріктеп алу тереңдігі 0–5 см, ауданы – 100 $см^2$ құрады.

Топырақ сынамасындағы элементтер шоғырлануы туралы сандық деректер алу үшін талдаманың бірнеше әдісі пайдаланылды: рентгенофлюоресцентті талдама (РФТ), нейтронды-активационды талдама (НАТ), индуктивті-байланысқан плазмасы бар иондарды қоздыру көздері бар масса-спектроскопия (ИСП-МС).

№ 1 және №2 телімдерден алынған топырақ сынамалары РФТ әдісімен талданды. Келесі элементтердің: 1-700 мкг/г табу шектері және 5–20 % белгісіздігі бар: *As, Ba, Bi, Br, Ce, Co, Cs, Cr, Cu, Fe, Ga , La, Mn, Mo, Nb, Nd, Ni, Pb, Pr, Zn, Rb, Sb, Sn, Sr, Th, Ti, U, Y, Zr* құрамы туралы деректер алынды.

Өлшеуге арналған үлгіні дайындау үшін топырақ сынамасын 40 °С кезінде кептірді. Алынған сынаманы 50 қап өлшеміне дейін үгітіп, өлшеуге арналған арнайы контейнерлерге салды. Өлшеу 15 минут ағымында жүргізілді. Алынған спектрометриялық деректер сандық нәтиже алу үшін спектрометрдің бағдарламалық қамсыздандыруымен өңделді.

№ 3 телімдегі элементтердің жалпы құрамын анықтау үшін ИСП-МС әдісі қолданылды. Аталған әдіспен келесі элементтер: 0,005–5 мкг/г табу шектері және 5–15 % белгісіздігі бар: *Al, As, Ba, Be, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Dy, Er, Eu, Fe, Gd, Ho, La, Lu, Mo, Nb, Ni, Pb, Pr, Sb, Sc, Sm, Sn, Tb, Ti, Th, Tm, U, W, Y, Yb, Zn* анықталды. Анықтау «ICP MASS Spectrometer ELAN 9000» масса-спектрометрде жүргізілді.

Сараптамалық үлгілерді дайындау үшін топырақ сынамаларын автоклавты ыдырату әдісі қолданылды. Әдіс жоғары температура мен қысымның әсері кезіндегі сараптамалық автоклавтың герметикалық қоршалған көлемінде топырақтардың минералдануына негізделген. Топырақ сынамаларының толық минералдануы үшін автоклавирлеу екі сатыда жүргізілді.

1-ші автоклавирлеу сатысы: сынаманың 0,2 г ілмесін фторопластты ішпекке салып (реакциялық ыдыс), біртіндеп 5 $см^3$-тан азотты және фторлы сутегі қышқылы құйылды. Бақылау (бос сынама) анықтауы үшін реакциялық ыдысқа сыналатын сынама қосылмаған реактивтер қоспасы салынды. Автоклав герметиктелді. 160 °С дейін қыздырылған кептіру шкафына салып, 5 сағ. ағымында ұстады. Тұнбасы бар алынған ерітіндіні центрифугалық шыны түтікке тасып, жылдамдығы минутына 4500 айналым кезінде 10 мин. ағымында салып центрифугадан өткізді. Центрифугатты саны бойынша фторопластты стақанға тасыды (көлемі 50 $см^3$), электрлік плиткаға қойып,

дымқыл тұзға дейін булады. 2 см^3 шоғырланған HNO_3 құйып, тұнба ерігенге дейін қыздырып, бөлме температурасына дейін суытып, полиэтилен өлшем түтігіне тасыды (V=25–30 см^3). Стақанды 10–15 см^3 бидистилленген сумен жуып, 20 см^3 көлемге дейін жеткізді. Сондай операциялар бос сынамамен жүргізілді. ИСП- МС өлшеу әдісімен алынған ерітінді 10 рет араластырылды.

2-ші автоклавирлеу сатысы: центрифугалық шыны түтіктегі қалдық (1-ші сатыдан соң) реакциялық ыдысқа салынды, 3 см^3 шоғырланған азот қышқылы мен 1 см^3 хлорлы сутегі қышқылы құйылды. Автоклав герметиктеліп, 160 ^{0}С температурасына дейін қыздырылған кептіру шкафына салынып, 5 сағ. ағымында ұсталды. Сондай әрекет бос сынамамен де жасалды. Минералдану аяқталған соң автоклав кептіру шкафынан алынып, бөлме температурасына дейін суытылды. ИСП-МС әдісімен өлшеу үшін алынған ерітінді 10 рет аралыстырылды.

«Ос.ч.» маркалы реактивтер қолданылды. СЖЭ шоғырлануын өлшеу үшін ерітінділер 1-ші ыдыраудан кейін ғана пайдаланылды.

Дегелең алаңы № 176, № 177, № 511 штольнялары ағындарынан алынған топырақ сынамалары келесі элементтерді: 1–50 мкг/г табу шектері және 5–15 % белгісіздігі бар *Fe, Ce, Co, La, Rb, Lu* анықтау үшін нейтронды-активационды әдіспен талданды. НАА әдісі радиоактивті изотоптардың талдамасына негізделген, бұл изотоптар жылы нейтрондардың сәулелендіру әсерінен үлгіде пайда болады. Топырақ сынамасы домалақ диірменде үгітілді (үгіту дәрежесі 50 қапқа дейін). 0,3 г ілме сараптамалық таразыда өлшеніп, арнайы пластик капсулаға салынып, сосын металл фольгаға оралып, сәулеленуге жіберілді. Сәулелену ҚР ҰЯО ЯФИ ВВР-Р реакторында белсенді емес аймақтағы №11 каналда жүргізілді, жылу нейтрондарының ағыны $6{,}7\cdot10^{12}$ н. см$^{-2}$ с$^{-1}$, сәулелену 5 сағатты құрады. Үлгілер IAEA-Soil-1 стандартты үлгімен сәулеленді. Қысқа өмір сүретін изотоптарды ыдырату үшін 7 күн ағымында ұсталды. Сынамалардың спектрометриялы өлшеулері 30 минут ағымында жүргізілді. Өлшеулер HPGe Ortec GMX20 + MCA Ortec DSPEC jr жүргізілді. Шоғырланулар стандарттағы элементтер шоғырлануымен салыстыру (яғни салыстырмалы әдіспен) арқылы есептелді.

3. НӘТИЖЕЛЕР ЖӘНЕ ТАЛҚЫЛАУ

Дегелең таулы массивіне іргелес аумақтағы үш зерттелген телімдер топырақ сынамаларындағы 26 микроэлементтің жалпы құрамына жасалған зерттеулердің жалпы нәтижелері 3-кестеде ұсынылған.

3-Кесте

№1, №2 және №3 телімдердегі топырақ сынамалары талдама нәтижелерінің кестесі

Элемент	№1 телім		№2 телім		№3 телім		Кларк Виноградов бойынша [5]
	(min–max)/ орташа	$\frac{C_{max}}{C_{min}}$	(min–max)/ орташа	$\frac{C_{max}}{C_{min}}$	(min–max)/ орташа	$\frac{C_{max}}{C_{min}}$	
Ca, %	(0,3÷3,0)/1,0	10	(0,5÷23,0)/3,0	46			3,3
Fe, %	(2÷7)/4	4	(1÷6)/4	6	(0,60÷3,80)/2	6	4,6
K, %	(1÷2)/2	2,5	(1,0÷2,0)/1,5	2			2,5

Элемент	№1 телім		№2 телім		№3 телім		Кларк Виноградов бойынша [5]
	(min–max)/ орташа	$\frac{C_{max}}{C_{min}}$	(min–max)/ орташа	$\frac{C_{max}}{C_{min}}$	(min–max)/ орташа	$\frac{C_{max}}{C_{min}}$	
Mn, %	(0,04÷0,20)/0,10	4	(0,10÷0,14)/0,10	1,5			0,1
Ti, %	(0,1÷1,0)/0,4	0,1	(0,1÷0,8)/0,4	8	(0,2÷0,7)/0,4	3,7	0,45
Al, ppm					(220÷29000)/18000	135	80000
As, ppm					(2,2÷24)/6	11	1,7
Ba, ppm	(200÷1500)/680	7,5	(220÷835)/620	4	(6÷300)/120	55	650
Be, ppm					(1,0÷20)/4	18	3,8
Cd, ppm					(0,3÷7,5)/0,7	30	0,13
Ce, ppm	(40÷130)/85	3,5	(16÷100)/60	6,5	(0,4÷20)/9	50	70
Co, ppm	(6÷33)/20	5,5	(4÷40)/20	9,5	(3÷14)/8	4,5	18
Cr, ppm	(85÷140)/120	2	(40÷130)/100	3,5	(10÷60)/30	5,7	83
Cu, ppm	(20÷0)/30	3,5	(20÷50)/30	3	(8÷60)/20	7,9	47
La, ppm	(20÷90)/50	5	(20÷40)/30	2	<0,2		49
Lu, ppm	(0,3÷1,0)/1	5	(0,1÷0,8)/0,4	7	<0,1		0,8
Mo, ppm	(4÷50)/10	11,5	(4÷10)/6	2,5	(2÷20)/7	8	1
Nb, ppm	(8÷120)/20	15	(9÷24)/16	3			20
Ni, ppm	(20÷65)/35	3	(25÷50)/34	2	(6÷34)/17	6	58
Pb, ppm	(20÷50)/30	2,5	(20÷30)/25	1,5	(12÷34)/20	3	16
Rb, ppm	(70÷170)/100	2,6	(20÷100)/70	5			150
Sr, ppm	(50÷700)/300	13	(220÷820)/340	4			340
W, ppm					(1,5÷22)/4	15	1,3
Y, ppm	(20÷50)/30	2,2	(5÷40)/30	7	<0,2		29
Zn, ppm	(50÷200)/80	4	(44÷90)/70	2	(50÷120)/90	2,3	83
Zr, ppm	(160÷530)/240	3,3	(30÷270)/210	8,5			170

Сирек жер элементтерінің шоғырлану мәндері ИСП-МС әдісімен табу шегінен төмен болды және қарастыру үшін келтірілген жоқ. Sm, Dy, Yb, Gd, Pr, Er үшін табу шектері < 0,2 мкг/г. Eu, Ho, Tb, Tm <0,1 мкг/г.

Барлық зерттелген телімдерде германий, селен, бром, қалайы, сүрме, цезий сияқты элементтер анықталған жоқ. Аталған элементтердің шоғырлануы РФТ әдісімен табу шегінен төмен болды: Se, Br шоғырлануы <10 мкг/г, Sn<700 мкг/г, Sb<500 мкг/г, Cs<100 мкг/г. Осы элементерді анықтау үшін элементтерді табудың аз шегі бар басқа сараптамалық әдістерді пайдалану керек.

Нәтижелерді бағалау критерийлері ретінде келесілер таңдап алынды: 1-элементтердің орташа шоғырлануын олардың кларктік мәндерінен жоғарылату; 2-элементтердің зерттеу телімдерінде ретсіз таралуының болуы.

Зерттелген келесі телімдер алаңы бойынша топырақтардағы элементтердің құрамының біртекті болмауы табылды: №1 телімде максималды шоғырлану минималды шоғырланудан 2–15 есе артық; № 2 телімде шоғырланудың жоғарылауы тиісінше 1,5–46 есе; №3 телімде бериллий, церий, алюминий бойынша шоғырланудың жоғарылауы, тиісінше, 18, 50 және 135 есе жоғары байқалды.

3-кесте деректері бойынша топырақта кларктік мәннен маңызды жоғарылауы бары молибден – 4–50 есе. Қалған элементтердің шоғырланулары олардың топырақтағы кларктік мәндерінің деңгейінде немесе пайдаланылатын талдама әдістерінің анықтау шектерінен төмен орналасқан.

Дегелең таулы массивінен солтүстік-батысқа қарай, №1 телімде салыстырмалы кларктік (1,1 ppm) шоғырланулардың топырақтарында молибденнің (4 ppm-нан 46 ppm дейін) жоғары құрамы табылды.

Дегелең таулы массивінен оңтүстікке қарай, № 2 телімдерде де кларктіктен ~10 есе көп молибденнің (4–10 ppm) жоғары шоғырлануы тіркелген. Қалған элементтер бойынша топырақтардағы кларктік мәннен жоғарылау анықталған жоқ, бірақ кларкты және орташа мәннен 2–2,5 есе жоғары стронцийдің максималды шоғырлануы байқалды. №1 және № 2 екі телімдегі элементтердің орташа шоғырлану мәндерінің шашылуы 5–20 % тең.

Дегелең таулы массивінен солтүстікке қарай, Қаражал флюоритті кен орнына тікелей жақын орналасқан № 3 телімде молибден, кадмий, күшәннің жоғары құрамы анықталды. Мысалы, молибден құрамы кларктан 7 есе артық. Кадмийдің орташа құрамы 0,67 мкг/г кларктан асады 0,13 мкг/г ~5 есе. Тиісінше күшәннің құрамы кларктан 3,5 есе артық, 1,7 мкг/г. Басқа анықталатын элементтер топырақтағы олардың кларктық құрамының деңгейінде болады.

Зерттелген үш телімде күшән, кадмий және молибден сияқты элементтердің құрамының кларктыдан маңызды артықтығы анықталды: 3,5; 5 және 7 есе тиісінше.

4-кестеде «Дегелең» алаңы № 176, № 177, № 511 штольняларының су ағындарындағы 6 элементтердің жалпы құрамының нәтижелері ұсынылған.

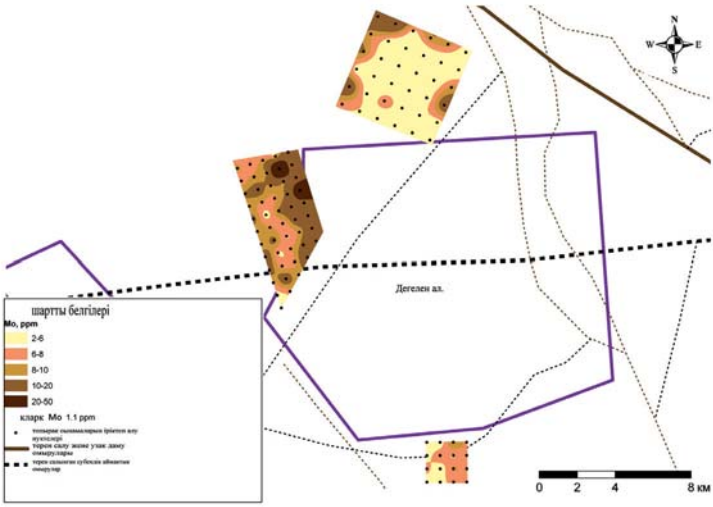
4-Кесте

«Дегелең» алаңы су ағындарының топырақ сынамалары талдамасы нәтижелерінің кестесі

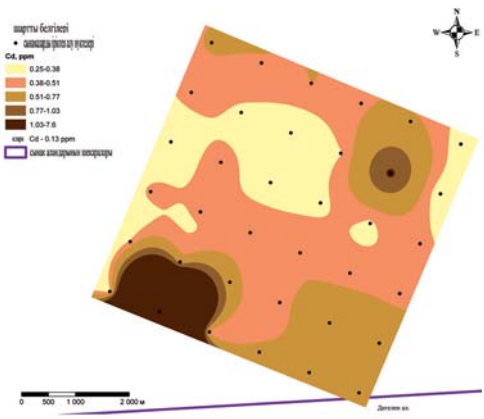
Элемент	№511 штольня		№176 штольня		№177 штольня		Кларк Виноградов бойынша
	(min–max)/ орташа	C max / C min	(min–max)/ орташа	C max / C min	(min–max)/ орташа	C max / C min	
Fe, %	(1,4÷2,1)/1,8	1,5	(1,5÷3,0)/2,2	2	(1,4÷2,4)/2,0	2	46000
Co, ppm	(4÷16)/10	4	(3÷15)/9	5	(3÷10)/6	3,5	18
Rb, ppm	(30÷60)/50	2	(70÷100)/80	1,5	(12÷80)/50	7	150
Ce, ppm	(70÷170)/120	2,5	(70÷120)/90	2,0	(93÷125)/110	1,5	70
La, ppm	(35÷70)/50	2	(40÷70)/60	2	(40÷60)/50	1,5	49
Lu, ppm	(0,6÷2,4)/1,5	4	(0,5÷1,5)/1	3	(0,6÷2,0)/1,3	3,5	0,80

№ 176, № 177, № 511штольнялар су ағынының топырақ сынамасында анықталып жатқан элементтердің қандай да бір ауытқу шоғырланулары анықталған жоқ.

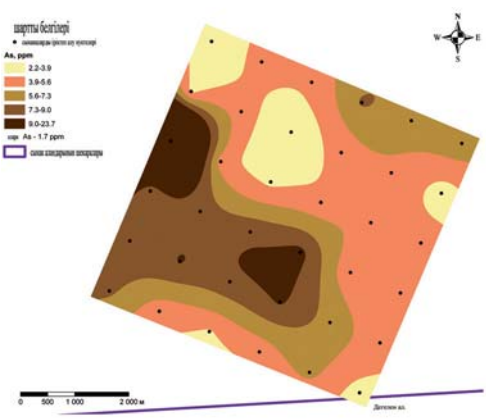
Қабылданған критерийлерден шығары, № 1, 2 және 3 телімдерде мына элементтер анықталды: молибден, күшән, кадмий. Осы элементтер үшін 2–4-суреттерде ұсынылған топырақтардағы құрамы бойынша алаңдық таралу картасы құрылды.



2-Сурет. Зерттелген телімдер топырағындағы молибден құрамының карта-сұлбасы



3-Сурет. №3 телім топырағындағы кадмий құрамының карта-сұлбасы



4-Сурет. №3 телім топырағындағы күшән құрамының карта-сұлбасы

2,3 және 4 суреттерде ұсынылған карта-сұлбаларда келесіні: барлық зерттелген үш телімдерде Mo құрамы мәндерінің жоғарылауы орын алғандығын атап өтуге болады. Cd және As шоғырлануы мәндерінің оларға сәйкес кларктармен жоғарылауы №3 телімде тіркелді және тиісінше Mo үшін 4-тен 32 есеге дейін, Cd үшін – 2 ден 33 есеге дейін және As – 2-ден 10 есеге дейін.

ҚОРЫТЫНДЫ

Жұмыста 30 химиялық элементтің жалпы құрамы туралы алдын ала деректер қорытындыланды. Зерттелген үш телімде күшән, кадмий және молибден сияқты элементтердің құрамының кларктыдан маңызды артықтығы анықталды: 3,5; 5 және, тиісінше, 7 есе. Шоғырлану бойынша элементтердің алаңдық таралуы барлық телімдерде анық байқалатын жергілікті дұрыс емес пішіндегі дақтары бар, диффренциалды сипатта орын алған.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. *Давыдов С. Л.* Ауыр металдар XXI ғасырдың суперуыттылары секілді / С.Л.Давыдов, В.И.Тагасов. - М.: РУДН, 2002.
2. «Қазақстан Республикасындағы атом энергетикасының дамуы» 0346 шеңберінде орындалған ҚР ҰЯО Радиациялық қауіпсіздік және экология институты ғылыми-техникалық қызметі туралы 2008 жылға арналған есеп: ҒЗЖ туралы есеп (жылдық) / ҚР ҰЯО РҚЭИ; басш. С.Н.Лукашенко – Курчатов. – 2008. – 98 б.
3. *Шварцев С.Л.* Гипергенез аймағының гидрогеохимиясы /С.Л.Шварцев. - М.: НЕДРА, 1998.
4. СанЕржәнеН 2.1.4.1074-01.
5. *Виноградов А.П.* Жер қыртысының атылған тау жыныстары басты типіндегі химиялық элементтердің орташа құрамы /А.П.Виноградов //Геохимия. – 1962. - №7.
6. *Шоу Д. М.* Кристалл жыныстарының микроэлементтер геохимиясы /Д.М. Шоу. - Л: НЕДРА, 1969.
7. *Беус А.А.* Қоршаған орта геохимиясы /А.А.Беус, Л.И.Грабовская, Н.В.Тихонова. - М.: НЕДРА, 1976.
8. *Войткевич Г.В.* Геохимия бойынша анықтамалық /Г.В.Войткевич, А.В.Кокин, А.Е.Мирошников, В.Г.Прохоров. - М.: НЕДРА, 1990.
9. *Энерглин У.* Сараптамалық геохимия /У.Энерглин , Л.Брили. - Л.: НЕДРА, 1975.
10. *Соловов А.П.* Пайдалы қазбалардың кен орындарын іздеудің геохимиялық әдістері /А.П.Соловов. - М.: НЕДРА, 1976.

ГЕОХИМИЧЕСКИЙ ФОН СИП. МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В ПОЧВАХ УЧАСТКОВ, ПРИЛЕГАЮЩИХ К ГОРНОМУ МАССИВУ ДЕГЕЛЕН

А. А. Амиров, С. Н. Лукашенко, С. Б. Субботин, В. Д. Кириллов, В. П. Солодухин*, Н. М. Бердинова*, Д. А. Желтов*

В почвах на участках, прилегающих к горному массиву Дегелен, исследовано валовое содержание более 30 химических элементов. Было установлено аномально высокое содержание ряда элементов по отношению к их кларкам. Выбраны критерии оценки аномалий по превы-

шению средних значений концентраций элементов над их кларковыми значениями и по неоднородности площадного распределения. Установлено, что наибольшее превышение содержания по отношению к их кларкам имеет место для молибдена, мышьяка и кадмия. Площадное распределение элементов по концентрациям имеет дифференцированный характер, выраженный локальными пятнами неправильной формы на всех участках.

Ключевые слова: кларк, элемент, концентрация, аномалия, содержание, распределение, тяжелые металлы, воздействие.

GEOCHEMICAL BACKGROUND OF STS. MICROELEMENTS IN SOILS OF SITES ADJACENT TO DEGELEN MOUNTAIN RIDGE

A. A. Amirov, S. N. Lukashenko, S. B. Subbotin, V. D. Kirillov, V. P. Solodukhin*, N. M. Berdinova*, D. A. Zheltov*.

Total content of more than 30 chemical elements in soils at the areas adjacent to Degelen mountain ridge was determined. Abnormally high contents of several elements in relation to their Clarke content have been revealed. A criterion was selected for evaluation of anomalies over average values of trace elements concentrations on their values and the heterogeneity of areal distribution. The greatest excess of content in relation to their Clarke values was revealed for molybdenum, arsenic and cadmium. Areal distribution of concentrations showed its differentiated character, expressed in local patches of irregular shape at all sites.

Keywords: clark, element, concentration, anomaly, content, distribution, heavy metals, exposure.

БӨЛІМ: РАДИАЦИЯЛЫҚ ҚАУІПСІЗДІКТІ ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУДІҢ ЖАЛПЫ МӘСЕЛЕЛЕРІ

УДК 504.75.05:577.4:615.849:612.461:546.799.4

ПЛУТОНИЙ ИЗОТОПТАРЫНАН ЗЕРТТЕУ НӘТИЖЕЛЕРІ БОЙЫНША ССП ӘСЕР ЕТУШІ АЙМАҒЫНДА ӨМІР СҮРІП ЖАТҚАН ТҰРҒЫНДАРДЫҢ НЕСЕПТЕРІНДЕГІ ОНЫҢ ДОЗАЛАРЫН ЕСЕПТЕУ

Н. В. Брянцева, А. В. Топорова, А. А. Жадыранова, С. Н. Лукашенко

Бұл мақалада плутоний изотоптарынан тұрғындардың ішкі сәулелену дозасын есептеу үлгісі, олардың несептегі құрамына байланысты келтірілген. Есептеу үшін АТЭХАГ және РҚХК биокинетикалық үлгілері пайдаланылды. Ағзаға плутоний изотопының түсуінің түрлі сценарийі қарастырылды және бұл сценарийлер негізінде ішкі сәулелену дозасына бағалау жасалды. Плутоний изотоптары түрлі қатынастарының доза шамасына әсер етуі қарастырылды. Несептегі $^{239+240}$Pu құрамының 1 мкБк/л деңгейі барысында плутоний изотопынан түскен ішкі сәулелену дозасының бағамы $n*10^{-1}$- $n*10^{-2}$ мЗв құрайтыны көрсетілді. Ішкі сәулелену дозасының максималды үлесін, жиынтық дозасының 96–97%-ын $^{239+240}$Pu изотопы қосады.

Түйін сөздер: плутоний радионуклиді, ішкі сәулелену, сіңіру, шығару, ішкі сәулелену дозасы, биокинетикалық үлгі.

КІРІСПЕ

Бұрынғы Семей сынақ полигоны (ССП) аумағында тұратын тұрғындардың радиациялық қауіпсіздігі мәселелеріне үлкен назар аударылуда. Ядролық сынақтар жүргізілген жерлерде тұрғындар радионуклидтердің ингаляциялық жолмен түсуі есебінен созылмалы сәулелену әсеріне, сондай-ақ радионуклидтердің тамақ өнімдері арқылы түсуіне ұшырады. Қазіргі уақытта ССП іргелес аудандарда ұзақ уақыт ядролық сынақтар кезеңінде және олар аяқталған соң да тұратын тұрғындардың дозалық жүктемесі туралы объективті деректер алу өзекті болып табылады.

Плутоний аса биологиялық қауіпті радионуклидтердің бірі болып табылады. Плутонийдің уыттылығы бәрінен бұрын ұлпалардың α-бөлшектермен сәулеленуіне байланысты, бұл ұлпаларда α-бөлшектердің ағзаға түсуінен кейін жинақталуы жүреді. Жинақталған плутонийдің жартысының биологиялық бөліну кезеңін адам өмірінің ұзақтығымен салыстыруға болады. Ағзадағы плутонийдің тікелей анықталуы, мысалы ^{137}Cs және ^{241}Am гамма-сәулеленуші радионуклидтер үшін мүмкін емес. Кейбір зерттеушілердің деректері бойынша, бүйректе пайда болатын несеп қанайналымы жүйесіндегі плутонийдің шоғырлануын көрсетеді, сондықтан несептегі плутонийді өлшеу ағзадағы плутонийдің жалпы ыдырауы бойынша деректердің негізгі көзі болып табылады [1].

Әдебиетте құрамы бойынша несептерінде анықталатын плутоний изотоптарынан тұрғындардың ішкі сәулелену дозаларын есептеу бойынша деректер аз. Негізінен, мұндай есептеулер өз қызметтерінің түріне байланысты плутониймен жұмыс істейтін атом өнеркәсібінің қызметкерлері үшін жүргізілді. Мысалы, Радиациялық қорғау бойынша халықаралық комиссия (РҚХК) және Атом энергетикасы жөніндегі халықаралық агенттігі (АТЭХАГ) құжаттары шартты аталған «стандартты» қызметкердің дозаларын есептеуге арналған биокинетикалық үлгілерді ұсынады [2]: мұрнымен қалыпты

тыныс алатын ересек ер адам, жеңіл жұмыс кезінде тыныс алу жылдамдығы 1,2 $м^3$/сағ. құрайды, деммен енетін бөлшектер белсенділігінің орташа аэродинамикалық диаметрі (БОАД) 5 мкм тең. Ішкі сәулелену дозаларын бағалау жұмыс орнының мониторинг кезеңі үшін – ағзаға түсетін радионуклидтердің типіне байланысты бірнеше күннен бірнеше айға дейін қарастырылады.

Тұрғындар үшін бұл үлгілер әдебиетте іс жүзінде жоқ. АТЭХАГ жарияланымдарында [3] тұрғындар үшін ағзаға радионуклидтердің түсуінен кейінгі ұзақ уақыт – 20 000 күнге дейін (55 жылға жуық) кезіндегі ішкі сәулелену дозаларын бағалау қарастырылды, пайдаланылатын деммен енетін бөлшектер белсенділігінің орташа аэродинамикалық диаметрі 1 мкм тең. Дозаларды бағалаудың аталған әдістері сәулеленуден соң ұзақ уақыт өткеннен кейінгі тұрғындардың дозалық жүктемесін зерттеу кезінде пайдалануға ұсынылады. Бұл жарияланымда келтірілген ұсыныстарды 1949-1963 жж. ағымында ССП жерүсті ядролық сынақтардың әсеріне шалдыққан тұрғындардың дозалық жүктемесін бағалау үшін пайдалануға болады.

1. ТЕОРЕТИКАЛЫҚ БӨЛІМ

1.1 Ағзадағы плутонийдің құрамы

АТЭХАГ және РҚХК құжаттарына сәйкес [2, 3, 4, 5, 6], радионуклидтердің ағзаға түсуі мен ішкі сәулелену дозаларын есептеу радионуклидтерді адамның әр түрлі ағзаларына немесе дене жасушаларына түсу, сіңіру, ұстап қалуды және ары қарай түрлі жолмен ағзадан бөлінуін суреттейтін биокинетикалық үлгілер – математикалық үлгілерді пайдалану арқылы жүзеге асады. Әр түрлі радионуклидтердің ағзадағы қалпын суреттейтін биокинетикалық үлгілер РҚХК басылымдарында жарияланған және шартты адам мен радионуклидтердің адамдар мен малдардағы қалпына негізделген.

Ингаляциялық жолмен түсуі кезінде радионуклидтер жоғары тынысалу жолдарына, сосын өкпенің кеуде бөліміне түседі. Деммен түсетін бөлшектердің сақталу дәрежесі тынысалу жолдарының әр бөлімі бойынша есептеледі. Ингаляциялық үлгіні пайдалану кезінде әр түрлі радионуклидтердің еру жылдамдығы мен қанмен сіңу жылдамдығы есептелуі тиіс. Плутонийдің сіңірілу типі бойынша қосылыстары қалыпты және баяу еритіндерге жатады. Бөлшектердің тыныс алу жолдары бөлімдеріне түсуі мен сақталуы тек бөлшектердің өлшеміне байланысты. Плутоний изотоптарының сүйек ұлпасында жинақталу қабілеті олардың ерекшеліктері болып табылады. Өкпеге ингаляциялық жолмен түсуі кезінде плутонийдің біраз бөлігі өкпе бетінде тұнады, бір бөлігі қанға өтеді. Ағза деммен түсетін бөлшектердің шамамен 5–25 % ұстап тұрады. Бөлшектердің өлшемі мен химиялық формасына байланысты тыныс алу мүшелері арқылы түсетін плутоний өкпеде не лимфа жүйесінде оқшауланады немесе қанға сіңіп, ең бастысы, бауыр мен сүйекке ауысады. Шамамен 60 % сүйек ұлпасына, 30 % – бауырға түседі және шамамен 10 % табиғи жолмен шығарылады [1]. Бірлесіп жүйеленген плутонийдің ағзадан бөліну жылдамдығы мүлдем жоғары емес. Кейбір деректер бойынша сүйек ұлпасында қалған плутонийдің жартылай бөліну кезеңі 50–100 жылға жуық құрайды, ал бауырдағы – шамамен 20–40 жыл [1, 7].

Пероралды түсуі кезінде радионуклидтер асқазанға, ащы ішекке, тоқ ішектің жоғарғы және төменгі бөліктеріне түседі. Ас қорыту жолының (АҚЖ) секцияларын-

да болуының орташа уақыты – 1, 4, 13 және тиісінше 24 сағат. Қанмен сіңірілу ашы ішекте жүреді және бөлшектеп сіңірілу коэффициентімен (f_1) анықталады. Ересек адамдарда қанға плутонийдің еритін қосындыларының тек 0,05 % жуығы ғана түседі және тамақпен түскен ерімейтін қосындылардың тек 0,001 % ғана түсетіні туралы деректер бар. Қалған бөлігі АҚЖ арқылы өтіп, ағзадан шығарылады [1].

Кейбір зерттеушілердің деректері бойынша ағзадан ^{239}Pu аса қарқынды бөлінуі оның түсуінің алғашқы жылдарына келеді. ^{239}Pu ағзаға бір рет түсуі кезінде 20 жылдан кейін несеппен радионуклидтің тек 9 % жуығы ғана шығады. Және де осы мөлшердің жартысына жуығы ағзадан тіпті жақынырақ 3 жылдан соң шығарылады, ал ары қарай шығарылу процесі түпкілікті баяулайды [8]. Бүйректе пайда болатын несеп қан айналу жүйесіндегі плутонийдің шоғырлануын көрсетеді, сондықтан несептегі плутонийді өлшеу плутонийдің ағзада жалпы қалуы жөніндегі деректердің негізгі көзі болып табылады [1].

Радиациялық қауіпсіздік және экология институтында бұрын жүргізілген зерттеулерге сәйкес, $^{239+240}$Pu несептегі құрамы, орташа алғанда, n*10^{-6} Бк деңгейінде деген болжам айтуға болады. Институт қызметкерлері плутоний изотоптарының арақатынастарын есептеді – олардың бастапқы уақыттағы, қазіргі кездегі жартылай ыдырау кезеңі ССП түрлі аумақтарында 238, 239, 240 және 241. Жүргізілген есептерге сәйкес, солтүстік аумақтардағы ^{238}Pu, ^{239}Pu және ^{240}Pu сомасына қатынасы 0,02 құрайды, ^{241}Pu, $^{239+240}$Pu қатынасы 0,75 құрайды. Дегелең таулы массивінде ^{238}Pu, ^{239}Pu және ^{240}Pu қатынасы 0,01 құрайды, ^{241}Pu, $^{239+240}$Pu қатынасы 0,9 құрайды. «Балапан» сынақ алаңы аумағында ^{238}Pu, ^{239}Pu және ^{240}Pu сомасына қатынасы 0,4, ^{241}Pu, $^{239+240}$Pu қатынасы 0,7 құрайды.

Осы деректерді ескере отырып, плутоний изотоптарының ССП түрлі аумақтарында тұратын адамдардың несептеріндегі құрамын ескеру қажет. Мысалы, Солтүстік аумақ тұрғындарында несептегі ^{238}Pu құрамы n*10^{-8} Бк құрайды, ал ^{241}Pu - n*10^{-7} Бк құрайды деген болжам жасауға болады.

1.2. Ішкі сәулелену дозаларын есептеу

Радионуклидтердің ағзаға пероралды немесе ингаляциялық түсуін бағалау үшін бөліну (несеп немесе үлкен дәрет) талдамасы көмегімен радионуклидтің бөліну мен ағзаға түскеннен кейінгі уақыттағы құрамы жөніндегі деректерді пайдаланады [2, 3, 4].

Жекелеген түсуіне сәйкес түсу уақытынан кейінгі кезеңдегі күтілетін тиімді доза төмендегідей есептеледі:

$$E = \frac{M}{m(t)} e(g)_j \text{ , бұл жердегі}$$

$e(g)_j$ – аталған радионуклид j үшін доза коэффициенті;

M – тәуліктік шығарылудағы радионуклидтің өлшенген абсолютті шоғырлануы, Бк;

m(t) – радионуклидтің ағзада қалатын (тікелей өлшеу үшін) немесе ағзадан шығарылатын (жанама өлшеу үшін) түсуден кейінгі t уақытындағы үлесі. m(t) мөлшері радионуклидтің биокинетикасына, яғни оның химиялық формасына байланысты, түсуден кейін өткен түсу жолдары мен уақыты әдетте күндермен өлшенеді.

M – несеп талдамасынан кейін алынған және несеп құрамындағы қандай болмасын радионуклидті көрсететін мөлшер болса, онда негізгі назарды РҚХК жарияланымдарында келтірілетін $e(g)_j$ дозалық коэффициент мөлшерін және m(t) мөлшерін дұрыс таңдауға аударған дұрыс, бірақ көптеген факторларға байланысты. Аталған мөлшерлер пайдаланылған радионуклидтердің ағзада болу және одан шығарылу қалпының биокинетикалық үлгілерімен анықталады.

Сонымен, шындығында, биокинетикалық үлгі параметрлерін дұрыс таңдау, ал сосын оның негізінде $e(g)_j$ және m(t) мөлшерлерді таңдау барлық жүргізілетін есептер үшін база болып табылады.

1.3. Ішкі сәулелену дозаларын есептеу үшін биокинетикалық үлгіні таңдау және негіздемесі

Биокинетикалық үлгіні таңдау үшін келесі сұлбаны пайдалануға болады:

1) Дозалық коэффициентті таңдау:

а) Радионуклидтің түсуінің жолдарын (пероралды, ингаляциялық) және уақытын анықтау.

Пероралды түсу жолы кезінде f_1 сіңіру коэффициенті пайдаланылады.

Ингаляциялық түсу кезінде бөлшектердің өлшем мөлшері, яғни БОАД (белсенділігінің орташа аэродинамикалық диаметрі) пайдаланылатын болады.

б) Екі жағдайда да түсетін қосындылардың химиялық формасын (типін) ескеру қажет, бұл радионуклидтің түсуі кезіндегі қалпын және оның ағзадағы ары қарайғы биокинетикасын анықтайды. Қосындылардың үш типі бар: F – жартылай шығарылудың жылдам кезеңі бар қосындылар, M – жартылай шығарылудың қалыпты кезеңі бар қосындылар және S – жартылай шығарылудың ұзақ кезеңі бар қосындылар (1-кесте).

1-Кесте

Химиялық қосындылардың типтері

Жартылай шығарылудың кезеңі		Мысалдар
F типі	Жартылай шығарылудың кезеңі бар 100% сіңірілу 10 минут мөлшерінде. Өкпеде сақталған барлық дерлік материалдың жылдам сіңірілуі. Сақталған материалдың жартысы бөлшектердің ауысуы арқылы ас қорыту жолдарына шығарылады, ал жартысы сіңіріледі.	Цезий, йодтың барлық қосындылары
M типі	Жартылай шығарылудың кезеңі бар 10% сіңірілу 10 минут мөлшерінде және 90% - жартылай шығарылудың 140 күндік кезеңі бар. Өкпенің бронхиалды бөлігінде және бронхиолдарда сақталатын материалдың шамамен 10% және төменгі тынысалу жолдарында сақталған материалдың 5% анық көрінеді. Өкпенің альвеолярлы бөлігінде сақталған радионуклидтердің шамамен 70% ағзаның жалпы суына жетеді.	Радий мен америцийдің барлық қосындылары
S типі	Жартылай шығарылудың кезеңі бар 0,1% сіңірілу 10 минут мөлшерінде және 99,9% - жартылай шығарылудың 700 күндік кезеңі бар. Тыныс алу жолдарынан, өкпенің бронхиалды және альвеолярлы бөлігінде сіңірудің азғантай пайызы, сақталған радионуклидтердің шамамен 10% ағзаның жалпы суына жетеді.	Уран мен плутонийдің ерімейтін қосындылары

в) БОАД, f_1 және сіңірілу типіне байланысты $e(g)_j$ дозалық коэффициентін таңдау жасалады (2-кесте).

2-Кесте

БОАД және ингаляциялық түсу кезіндегі қосындылардың типіне байланысты плутоний радионуклидтері үшін доза коэффициенттері

Радионуклид	Типі/формасы	Ингаляциялық түсу		Пероралды түсу	
		$e(g)_{inh}$ (Зв/Бк)		f_1	$e(g)_j$ (Зв/Бк)
		БОАД=1 мкм	БОАД=5 мкм		
Pu-238	M	$4,3*10^{-5}$	$3,0*10^{-5}$	$5*10^{-4}$	$2,3*10^{-7}$
	S	$1,5*10^{-5}$	$1,1*10^{-5}$	$1*10^{-5}$	$8,8*10^{-9}$
Pu-239	M	$4,7*10^{-5}$	$3,2*10^{-5}$	$5*10^{-4}$	$2,5*10^{-7}$
	S	$1,5*10^{-5}$	$8,3*10^{-6}$	$1*10^{-5}$	$9,0*10^{-9}$
Pu-240	M	$4,7*10^{-5}$	$3,2*10^{-5}$	$5*10^{-4}$	$2,5*10^{-7}$
	S	$1,5*10^{-5}$	$8,3*10^{-6}$	$1*10^{-5}$	$9,0*10^{-9}$
Pu-241	M	$8,5*10^{-7}$	$5,8*10^{-7}$	$5*10^{-4}$	$4,7*10^{-9}$
	S	$1,6*10^{-7}$	$8,4*10^{-8}$	$1*10^{-5}$	$1,1*10^{-10}$

2) m(t) мөлшерін таңдау түсу жолдары, түсуден кейінгі уақыты, радионуклидтердің сіңіру типіне байланысты болады (3-кесте).

3-Кесте

$^{239+240}$Pu радионуклидінің түсуден кейінгі уақытқа байланысты ағзадан несеппен шығарылу үлесі m(t) (АТЭХАГ, 37 жарияланым)

Түсуден кейінгі уақыт, күн	m(t) – радионуклидтің уақытқа байланысты ағзадан шығарылу үлесі					
	Пероралды түсу		Ингаляциялық түсу			
	Ішекпен ауысу коэффициенті f_1		БОАД = 1 мкм		БОАД = 5 мкм	
	$1*10^{-5}$	$5*10^{-4}$	M типі	S типі	M типі	S типі
1	6,7E-07	3,4E-06	2,0E-04	2,0E-06	2,3E-04	2,3E-06
2	5,2E-07	2,6E-06	1,1E-04	1,2E-06	1,3E-04	1,4E-06
10	3,6E-08	1,8E-07	1,9E-05	3,2E-07	1,5E-05	2,3E-07
20	1,7E-08	8,7E-08	1,4E-05	2,9E-07	1,0E-05	1,8E-07
30	1,6E-08	7,8E-08	1,4E -05	2,8E-07	9,5E-06	1,7E-07
40	1,4E-08	7,1E-08	1,3E-05	2,8E-07	9,0E-06	1,7E-07
50	1,3E-08	6,6E-08	1,3E-05	2,8E-07	8,5E-06	1,7E-07
60	1,2E-08	6,1E-08	1,2E-05	2,8E-07	8,1E-06	1,6E-07
70	1,1E-08	5,7E-08	1,2E-05	2,8E-07	7,7E-06	1,6E-07
80	1,1E-08	5,3E-08	1,1E-05	2,8E-07	7,4E-06	1,6E-07
90	1,0E-08	5,0E-08	1,1E-05	2,8E-07	7,1E-06	1,6E-07
100	9,5E-09	4,7E-08	1,0E-05	2,9E-07	6,9E-06	1,6E-07
300	5,6E-09	2,8E-08	6,6E-06	3,1E-07	4,2E-06	1,6E-07
500	4,8E-09	2,4E -08	5,1E-06	3,3E-07	3,3E-06	1,7E-07
1000	3,8E-09	1,9E-08	3,6E-06	3,4E-07	2,4E-06	1,8E-07

Түсуден кейінгі уақыт, күн	m(t) – радионуклидтің уақытқа байланысты ағзадан шығарылу үлесі					
	Пероралды түсу		Ингаляциялық түсу			
	Ішекпен ауысу коэффициенті f_1		БОАД = 1 мкм		БОАД = 5 мкм	
	$1*10^{-5}$	$5*10^{-4}$	М типі	S типі	М типі	S типі
3000	2,0E-09	1,0E-08	1,8E-06	2,6E-07	1,3E-06	1,4E-07
5000	1,5E-09	7,6E-09	1,4E-06	2,1E-07	9,4E-07	1,1E-07
10000	1,1E-09	5,5E-09	9,9E-07	1,6E-07	6,8E-07	8,2E-08
20000	7,8E-10	3,9E-09	7,0E-07	1,1E-07	4,8E-07	5,8E-08

Аталған кесте $^{239+240}$Pu радионуклидінің ағзадан шығарылу үлесін m(t) суреттеу ретінде берілген. РҚХК 78 және АТЭХАГ 37 жарияланымдарында пероралды, сондай-ақ ингаляциялық түсуі кезіндегі түсуден кейінгі уақытқа байланысты ^{238}Pu, $^{239+240}$Pu және ^{241}Pu ағзадан шығарылу коэффициенттерінің мәндері m(t) ішекпен ауысудың түрлі коэффициенттерінде және түрлі БОАД берілген.

Қандай да болмасын деректер болмағанда сақтандыру бағасын пайдаланады және дозалық коэффициенттер мен f_1 максималды мәндерін алады. Тұрғындардың ішкі сәулелену дозаларын есептеу үшін (ингаляциялық түсу жағдайында) АТЭХАГ 1 мкм-ге тең БОАД пайдалануды ұсынады.

2. НЕСЕПТЕГІ $^{239+240}$Pu ҚҰРАМЫНЫҢ НӘТИЖЕЛЕРІ БОЙЫНША ССП ӘСЕР ЕТУШІ АЙМАҒЫНДА ТҰРАТЫН ТҰРҒЫНДАРДЫҢ ІШКІ СӘУЛЕЛЕНУ ДОЗАЛАРЫН ЕСЕПТЕУ

ССП әсер етуші аймағында тұратын тұрғындар үшін плутоний изотоптарының түсуінен ішкі сәулелену дозаларын есептеуге қолданылатын ұсынылған сұлбаның әр кезеңін толықтай қарастырайық.

1. Тұрғындардың ішкі сәулелену сценарийі әр түрлі болуы мүмкін:
2. Тамақ тізбегі бойынша ағзаға түскен радионуклидтерден ішкі сәулелену.
3. Ластанған топырақтың кездейсоқ пероралды түсуінен ішкі сәулелену.
4. Тұрғындардың орналасу орындары топырағының төсеніш бетіндегі радионуклидтер түсуінің ингаляциялық жолы.

ССП аса ластанған телімдерінен аз ластанған телімдеріне радионуклидтердің ингаляциялық түсуі (мысалы, желмен тасымалданған кезде).

Сонымен, ССП әсер етуші аймағында тұратын тұрғындар үшін радионуклидтердің ағзаға түсуінің екі негізгі үлгісін бөлуге болады: ингаляциялық және пероралды.

ССП әсер етуші аймағында тұратын адамның жүріс-тұрысының, тиісінше ағзаға плутоний изотоптарының түсуінен бірнеше биокинетикалық үлгілерінің біраз сценарийін қарастырамыз.

2.1. Пероралды түсуі

Ағзаға плутоний изотоптарының түсуінің негізгі жолы – адам тамаққа құрамында плутоний изотоптары бар ет пен көкөністерді пайдаланған кезде ауыл шаруашылық сценарийі кезіндегі тамақпен түсуі деп болжаймыз.

2.1.1. 1- сценарий (консервативті)

Биокинетикалық үлгілердің параметрлерін келесідей көрсетуге болады:

1) Дозалық коэффициентті таңдау:

а) Плутонийдің түсу жолы – пероралды, яғни, ішекпен ауысудың коэффициентін пайдалану f_1 қажет. Консервативтік бағалау кезінде плутонийдің баяу еритін қосындыларының (S) пероралды түсу жолы үшін ішекпен ауысудың коэффициенті $f_1 = 1*10^{-5}$ пайдаланылады (2-кесте).

б) Қосындылар типі – баяу еритіндер.

Плутонийдің баяу еритін қосындыларының пероралды түсуі кезінде $^{239+240}$Pu үшін дозалық коэффициент $e(g)_j$ $9{,}0*10^{-9}$ Зв/Бк тең болады (2-кесте).

2) Тұру аумағы – ССП солтүстік бөлігі. Плутоний изотоптарының түсуі 55 жыл (20 000 күн) бұрын болды деген болжам жасайық. Мұндай жағдайда шығарылу үлесі, мысалы, $^{239+240}$Pu несеппен шығарылуы $7{,}8*10^{-11}$ құрайды (3-кесте).

Сонымен, плутоний изотоптарының ағзаға түсуінің аталған сценарийі үшін биокинетикалық үлгінің параметрлерін кесте түрінде беруге болады (4-кесте).

4-Кесте

Плутоний изотоптарына арналған биокинетикалық үлгі параметрлері

Изотоп	Түсу жолы	Сіңірілу типі	Түсуден кейінгі өткен уақыт t	Ағзадан шығарылу үлесі (t)	Несептегі құрам (М), Бк	$f_1=1*10^{-5}$ кезіндегі дозалық коэффициент $e(g)_j$, Зв/Бк
^{238}Pu	Тамақпен	S	20 000 күн	$5{,}1*10^{-11}$	$1*10^{-8}$	$8{,}8*10^{-9}$
$^{239+240}$Pu	Тамақпен	S	20 000 күн	$7{,}8*10^{-11}$	$1*10^{-6}$	$9{,}0*10^{-9}$
^{241}Pu	Тамақпен	S	20 000 күн	$5{,}6*10^{-12}$	$1*10^{-7}$	$1{,}1*10^{-10}$

Қолда бар деректер негізінде, сондай-ақ несептегі $^{239+240}$Pu құрамы 1 мкБк/л құрайды деп болжай отырып, ішкі сәулелену дозасын есептейміз. $^{239+240}$Pu үшін ол төмендегіні құрайды:

$$E = \frac{M}{m(t)} e(g)_j = \frac{1 \cdot 10^{-6}}{7{,}8 \cdot 10^{-11}} \cdot 9{,}0 \cdot 10^{-9} = 1{,}2 \cdot 10^{-1}\ мЗв$$

Сол сияқты ^{238}Pu және ^{241}Pu изотоптарынан ішкі сәулелену дозасы есептеледі. ^{238}Pu үшін доза $1{,}7*10^{-3}$ мЗв, ^{241}Pu үшін – $2{,}0*10^{-3}$ мЗв құрайды. Плутонийдің қарастырылған изотоптарынан жиынтық доза $1{,}2*10^{-1}$ мЗв құрайды. Жүргізілген есептер $^{239+240}$Pu изотоптарының ішкі сәулелену дозасына максималды үлес – жиынтық дозадан 97% қосатынын көрсетеді.

Аталған есептерде аса нашар жағдайлары бар консервативті сценарийі, яғни жартылай шығарылудың ұзақ кезеңі бар плутоний қосындылар (S) және ағзадан баяу шығарылу (төмен мөлшер m(t) пайдаланылды.

2.1.2. 2- сценарий («жұмсақ»)

Жартылай шығарылудың қалыпты кезеңі (М) бар қосындыларды қарастырған кезде биокинетикалық үлгінің келесі параметрлері қолданылады (5-кесте):

5-Кесте

Плутоний изотоптарына арналған биокинетикалық үлгі параметрлері

Изотоп	Түсу жолы	Сіңірілу типі	Түсуден кейінгі өткен уақыт t	Ағзадан шығарылу үлесі (t)	Несептегі құрам (М), Бк	f_1=1*10^{-5} кезіндегі дозалық коэффициент e(g)$_j$, Зв/Бк
^{238}Pu	Тамақпен	М	20 000 күн	2,5*10^{-9}	1*10^{-8}	2,3*10^{-7}
$^{239+240}$Pu	Тамақпен	М	20 000 күн	3,9*10^{-9}	1*10^{-6}	2,5*10^{-7}
^{241}Pu	Тамақпен	М	20 000 күн	2,8*10^{-10}	1*10^{-7}	4,7*10^{-9}

Аталған үлгі параметрлерін қолдана отырып ішкі сәулелену дозасын есеептеу кезінде ^{238}Pu дозасы 9,2*10^{-4} мЗв, $^{239+240}$Pu – 6,4*10^{-2} мЗв, ^{241}Pu – 1,7*10^{-3} мЗв құрайды. Барлық изотоптардан жиынтық доза 6,7*10^{-2} мЗв тең болады. $^{239+240}$Pu иозотоптарының дозаға үлесі жалпы дозаның 96% құрайды.

Сонымен, аса нашар жағдай кезінде дозалық жүктеме іс жүзінде екі есе жоғары болады. Егер ССП ауадағы жерүсті сынақтары жүргізілген уақыттан бастап шамамен 50-55 жыл өтті, және осы сынақтардан соң өткен барлық уақытта адам фермерлік шаруашылықты жүргізе отырып тамаққа ластанған аумақта өсірілген тағам өнімдерін қолдана отырып ССП әсер етуші аймағында тұрды десек, онда плутоний изотоптарынан ішкі сәулелену дозасы несептегі $^{239+240}$Pu құрамы 1 мкБк/л деңгейі кезінде бағалаулық n*10^{-1}- n*10^{-2} мЗв құрайды.

Аталған есептер ССП Солтүстік аумақтарында тұратын тұрғындардың ішкі сәулелену дозасын есептеу үшін берілген. ССП басқа аумақтарында тұратын тұрғындарға ұқсас сценарий қолдана отырып, әсіресе Дегелеңде және Балапанда, келесіні аламыз:

6-Кесте

Әр түрлі сценарийлер кезіндегі плутоний радионуклидінен жиынтық доза

Түсуден кейінгі уақыт	Доза, мЗв					
	1- сценарий (консервативтік)			2- сценарий («жұмсақ»)		
	Солтүстік аумақтар	Дегелең	Балапан	Солтүстік аумақтар	Дегелең	Балапан
10 жыл	5,4*10^{-2}	5,5*10^{-2}	7,6*10^{-2}	3,0*10^{-2}	3,1*10^{-2}	4,2*10^{-2}
30 жыл	8,3*10^{-2}	8,7*10^{-2}	12*10^{-2}	4,6*10^{-2}	4,9*10^{-2}	6,9*10^{-2}
55 жыл	12*10^{-2}	14*10^{-2}	20*10^{-2}	6,7*10^{-2}	8,1*10^{-2}	11*10^{-2}

Сонымен, тұрғындар алған ССП түрлі аумақтарындағы дозалар ^{238}Pu, $^{239+240}$Pu және ^{241}Pu изотоптарының түрлі арақатынастары есебінен ерекшеленеді. Есептеулерді жүргізген кезде плутоний изотоптарының ағзаға түсу сценарийі дамитын аумақтарды ескеру керек.

2.2. Ингаляциялық түсуі

Плутоний изотоптарының ағзаға түсуінің негізгі жолы – 50–55 жыл бұрын болған ингаляциялық түсу.

РҚХК ұсыныстары бойынша, егер бөлшектер өлшемі белгісіз болса, тұрғындар үшін дозалық жүктемені есептеу кезінде 1 мкм-ға тең БОАД пайдаланылады. Яғни, консервативті сценарийі үшін пайдаланылған биокинетикалық үлгі параметрлерін кесте түрінде беруге болады (7-кесте):

7-Кесте

Плутоний изотоптарына арналған биокинетикалық үлгі параметрлері

Изотоп	Түсу жолы	Сіңірілу типі	Түсуден кейінгі өткен уақыт t	Ағзадан шығарылу үлесі (t)	Несептегі құрам (М), Бк	БОАД=1 мкм кезіндегі дозалық коэффициент $e(g)_j$, Зв/Бк
^{238}Pu	Ингаляциялық	S	20 000 күн	$7{,}1*10^{-8}$	$1*10^{-8}$	$1{,}5*10^{-5}$
$^{239+240}$Pu	Ингаляциялық	S	20 000 күн	$1{,}1*10^{-7}$	$1*10^{-6}$	$1{,}5*10^{-5}$
^{241}Pu	Ингаляциялық	S	20 000 күн	$7{,}8*10^{-9}$	$1*10^{-7}$	$1{,}6*10^{-7}$

Қолда бар деректер негізінде $^{239+240}$Pu ағзаға ингаляциялық түсуден ішкі сәулелену дозасын есептейміз:

^{238}Pu және ^{241}Pu изотоптарынан ішкі сәулелену дозалары ұқсас есептеледі. ^{238}Pu үшін доза $2{,}1*10^{-3}$ мЗв, ^{241}Pu үшін – $2{,}1*10^{-3}$ мЗв құрайды. Плутонийдің қарастырылған изотоптарынан жиынтық доза $1{,}4*10^{-1}$ мЗв құрайды. $^{239+240}$Pu изотоптарының ішкі сәулелену дозаларына барлық дозадан 97% құрайды.

Жартылай шығарылудың қалыпты кезеңі бар плутоний қосындылар үшін сценарийді пайдаланған кезде биокинетикалық үлгінің параметрлерін кесте түрінде ұсынуға болады (8-кесте):

8-Кесте

Плутоний изотоптарына арналған биокинетикалық үлгі параметрлері

Изотоп	Түсу жолы	Сіңірілу типі	Түсуден кейінгі өткен уақыт t	Ағзадан шығарылу үлесі (t)	Несептегі құрам (М), Бк	БОАД=1 мкм кезіндегі дозалық коэффициент $e(g)_j$, Зв/Бк
^{238}Pu	Ингаляциялық	M	20 000 күн	$4{,}6*10^{-7}$	$1*10^{-8}$	$4{,}3*10^{-5}$
$^{239+240}$Pu	Ингаляциялық	M	20 000 күн	$7{,}0*10^{-7}$	$1*10^{-6}$	$4{,}7*10^{-5}$
^{241}Pu	Ингаляциялық	M	20 000 күн	$5{,}0*10^{-8}$	$1*10^{-7}$	$8{,}5*10^{-7}$

Аталған үлгі параметрлерін пайдалану арқылы ішкі сәулелену дозаларын есептеу кезінде ^{238}Pu доза $9{,}3*10^{-4}$ мЗв, $^{239+240}$Pu – $6{,}7*10^{-2}$ мЗв, ^{241}Pu – $1{,}7*10^{-3}$ мЗв құрайды. Барлық изотоптардан жиынтық доза $7{,}0*10^{-2}$ мЗв тең болады. $^{239+240}$Pu дозаға үлесі – 96%.

Сонымен, ингаляциялық түсу кезінде плутоний изотоптарынан ішкі сәулелену дозасы несептегі $^{239+240}$Pu құрамы 1 мкБк/л деңгейі кезінде бағалаулық $n*10^{-1}$- $n*10^{-2}$ мЗв құрайды.

Несептегі $^{239+240}$Pu құрамы ^{238}Pu 0,02 тең ^{239}Pu және ^{240}Pu сомасына арақатынасы ^{241}Pu, $^{239+240}$Pu қатынасы 0,75 кезінде 10^{-6} Бк деңгейінде және орналасқандығын ескерсек, аталған есептер ССП Солтүстік аумақтарында тұратын тұрғындар үшін берілді. Бұл кезде плутоний изотоптарының ағзаға түсуінен соң өткен кезең 55 жылды құрайды.

Дегелең және Балапан аумақтарында тұратын тұрғындар үшін дозаларды есептеу кезінде келесілерді аламыз:

9-Кесте

Әр түрлі сценарийлер кезіндегі плутоний радионуклидінен жиынтық доза

Түсуден кейінгі уақыт	Доза, мЗв					
	1- сценарий (консервативті)			2- сценарий («жұмсақ»)		
	Солтүстік аумақтар	Дегелең	Балапан	Солтүстік аумақтар	Дегелең	Балапан
10 жыл	$6,6*10^{-2}$	$6,7*10^{-2}$	$9,5*10^{-2}$	$3,2*10^{-2}$	$3,3*10^{-2}$	$4,4*10^{-2}$
30 жыл	$9,5*10^{-2}$	$9,9*10^{-2}$	$14*10^{-2}$	$4,8*10^{-2}$	$5,1*10^{-2}$	$7,1*10^{-2}$
55 жыл	$14*10^{-2}$	$16*10^{-2}$	$24*10^{-2}$	$7,0*10^{-2}$	$8,4*10^{-2}$	$12*10^{-2}$

Сонымен, тұрғындар алған дозалар, изотоптардың пероралды түсуінен дозаларды есептеу кезіндегі сияқты, ^{238}Pu, $^{239+240}Pu$ және ^{241}Pu изотоптарының түрлі арақатынастары есебінен ерекшеленеді. Есептеулерді жүргізген кезде осы факторды ескеру керек.

ҚОРЫТЫНДЫ

Радионуклидтердің ағзаға түсуін және ішкі сәулелену дозаларын есептеу әр түрлі радионуклидтердің ағзадағы қалпын суреттейтін және РҚХК және АТЭ-ХАГ басылымдарында жарияланған биокинетикалық үлгілерді пайдалану арқылы жүзеге асады. Радионуклидтердің ағзаға түсуін бағалау үшін бөліну талдамасы (несеп пен үлкен дәрет) көмегімен бөлінулердегі және ағзаға түскеннен кейінгі өткен уақыттағы радионуклидтердің құрамы бойынша деректер пайдаланылады. Негізгі назарды радионуклидтердің ағзадағы және одан бөліну қалпының қолданылатын биокинетикалық үлгімен анықталатын $e(g)_j$ дозалық коэффициент мөлшерін және m(t) мөлшерін дұрыс таңдауға аударған дұрыс. Биокинетикалық үлгіні дұрыс таңдау, ал оның негізінде $e(g)_j$ және m(t) мөлшерлерін таңдау барлық жүргізілетін есептеулерге база болып табылады. f_1 ішекпен тасымалдану коэффициентінің мәні, сондай-ақ плутонийдің ағзалар мен ұлпаларда таралуы мен ұсталып қалуы ішкі сәулелену дозаларын есептеудегі белгісіздікке әсер ететін негізгі фактор болып табылады. Тамақтану мен сіңірілген радионуклидтердің химиялық формасындағы айырмашылықтар олардың ағзада сіңірілуіне әсер етеді. Бұдан басқа, есептеулердегі қателіктерге плутоний изотоптарының ағзадан бөлінудің ұзақ кезеңі үлкен үлес қосады.

ССП әсер етуші аймағында тұратын тұрғындар үшін ингаляциялық және пероралды түсу радионуклидтердің ағзаға түсуінің негізгі жолдары болып табылады. Жүргізілген есептеулер несептегі $^{239+240}Pu$ құрамының 1 мкБк/л деңгейі барысында плутоний изотопынан түскен ішкі сәулелену дозасының бағамы $n*10^{-1}$ – $n*10^{-2}$ мЗв құрайтыны көрсетілді. Ішкі сәулелену дозасына максималды үлесті $^{239+240}Pu$ изотоптары қосады – жиынтық дозаның 96–97 %. Ішкі сәулелену дозасын есептеуді атқару кезінде тұрғындардың тұратын аумақтарын ескеру қажет, өйткені ^{238}Pu, $^{239+240}Pu$ және ^{241}Pu изотоптарының арақатынастары ССП әр түрлі аумақтары үшін құбылмалы болады.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. Плутоний. Фундаменталды мәселелер / Б.А.Надыкто, Л.Ф.Тимофееваның ред. – Саров, 2003.
2. International Commission on Radiological Protection, Individual Monitoring for Internal Exposure of Workers (Revision of ICRP Publication No. 54) Publication No. 78, Ann. ICRP 27 3–4, Elsevier Science Ltd. – Oxford, 1997.
3. Assessment of doses to the public from ingested radionuclides. Safety Reports series No. 14. International Atomic Energy Agency. – Vienna: International Atomic Energy Agency, 1999.
4. Радионуклидтердің түсуі салдарынан кәсіби сәулелену бағалау. Қауіпсіздік жөніндегі нұсқау. №RS-G-1.2. - Вена: Атом энергиясы бойынша халықаралық агенттік, 1999.
5. Methods for Assessing Occupational Radiation Doses Due to Intake of Radionuclides. Safety Report series No.37. - Vienna: International Atomic Energy Agency, 2004.
6. Indirect Methods for Assessing Radionuclides Causing Occupational Exposure. Safety Report series No.18.- Vienna: International Atomic Energy Agency, 2000.
7. *http://www.tpu.ru/html/pluton.htm*
8. *Лисин В.А.* Сібір химиялық комбинаты қызметкерлерінің плутоний-239 ішкі сәулелену кезіндегі дозаларды қайта құру мәселелері туралы/ В.А.Лисин [және басқалары]. // Интернет қорыhttp://sbrc.ru/data.cgi?i=/publ/thesis2004.html

РАСЧЕТ ДОЗ ОТ ИЗОТОПОВ ПЛУТОНИЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИССЛЕДОВАНИЯ ЕГО СОДЕРЖАНИЯ В МОЧЕ ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ, ПРОЖИВАЮЩЕГО В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ СИП

Н. В. Брянцева, А. В. Топорова, А. А. Жадыранова, С. Н. Лукашенко

В статье представлена модель расчета доз внутреннего облучения населения от изотопов плутония в зависимости от их содержания в моче. Для расчетов использованы биокинетические модели МАГАТЭ и МКРЗ. Рассмотрены различные сценарии поступления изотопов плутония в организм и выполнена оценка дозы внутреннего облучения на основе этих сценариев. Рассмотрено влияние различных соотношений изотопов плутония на величину дозы. Показано, что при содержании $^{239+240}$Pu в моче на уровне 1 мкБк/л доза внутреннего облучения от изотопов плутония составит оценочно $n*10^{-1}$ – $n*10^{-2}$ мЗв. Максимальный вклад в дозу внутреннего облучения дают изотопы $^{239+240}$Pu – 96–97% от суммарной дозы.

Ключевые слова: радионуклиды плутония, внутреннее облучение, поглощение, выведение, доза внутреннего облучения, биокинетическая модель.

CALCULATION OF DOSES FROM PLUTONIUM ISOTOPES BASED ON THE STUDY OF ITS CONCENTRATION IN URINE OF THE POPULATION IN THE STS IMPACT ZONE

N. V. Bryantseva, A. V. Toporova, A. A. Zhadyranova, S. N. Lukashenko

The article presents a model for calculation of internal doses from plutonium isotopes on the population, as measured in the urine. IAEA and ICRP biokinetic models were used for the calculations. Various scenarios of intake of plutonium isotopes into the body have been considered and assessments of internal doses based on these scenarios were performed. Influence of different ratios of plutonium isotopes on the dose rates has been considered. It was shown that when the content of $^{239+240}$Pu in urine is about 1 μBq/l, the dose of internal radiation from plutonium isotopes comprises $n*10^{-1}$ – $n*10^{-2}$ mSv. The maximum contribution to internal dose is provided by $^{239+240}$Pu: 96–97% of the total dose.

Key words: plutonium radionuclides, internal exposure, absorption, excretion, dose of internal exposure, biokinetic model.

УДК 615.849:504.75.05

РЕНТГЕН-ДИАГНОСТИКАЛЫҚ КАБИНЕТТЕРДЕГІ ДОЗАЛЫҚ АЛАҢДАРДЫ ЗЕРТТЕУ ӘДІСНАМАСЫН ӘЗІРЛЕУ

Е. В. Мустафина, А. Ю. Осинцев, В. В. Божко

Аталған жұмыс сәулелену диагностикасы кабинеттеріндегі доза алаңдарын зерттеу әдіснамасын әзірлеу үшін жүргізілді және рентген-диагностикалық процедуралар жүргізу кезіндегі доза алаңдарының қалыптасуын тәжірибелі зерттеуге негізделген. Сәулелену диагностикасы кабинетіндегі доза алаңдарының қалыптасуы туралы деректер тек медициналық қызметкердің рентген-диагностикалық зерттеу жүргізу кезінде алған дозасын бағалауға ғана емес, сондай-ақ рентген кабинетінің қызметкер құрамына кірмейтін, зерттеу жүргізу кезінде қамтылған мамандардың және зерттеу жүргізу кезіндегі пациенттерге көмектесетін тұрғындардың дозаларына баға беруге мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: рентген-диагностика, медициналық сәулелену, дозалар, дозалық алаңдардың қалыптасуы.

КІРІСПЕ

Атом энергетикасының дамуы мен ядролық сынақтарды жүргізуге байланысты тұрғындарға жүктеме адам қызметімен туындайтын радиацияның тек аз үлесін құрайды, маңызды көп дозаларды тұрғындар басқа көздерден – медицинада қолдану кезінде диагностикалық процедуралар мен емдеуге арналған иондық сәулелену көздерінен алады. «Медицинадағы радиациялық қауіпсіздік» халықаралық конференциясында есептеулер нәтижелері келтірілді, бұлар Чернобыль апатынан соң Ресей тұрғындарына дозалық жүктеме 50 жылға 150 000 адам-Зв құрады, ал медициналық сәулеленуден – сондай дозаны 150 000 адам-Зв тек бір 2001 ж. алды [1]. Қазақстанда медқызметкердің дозаларын есептеу ғана емес, сондай-ақ тұрғындардың рентген-диагностикалық зерттеу жүргізу кезінде алған дозасын есептеу сұрағы да өткір болып тұр. Рентген-диагностикалық зерттеулер диагноз қоюға бөлінген уақытты көп қысқартады, бұл диагностиканың аталған түрін бұдан да танымал қылады және мәселені одан да көп күшейтеді.

Аталған жұмыстың мақсаты – рентген-диагностика кабинеттеріндегі доза алаңдарын зерттеу әдіснамасын әзірлеу. Сәулелену диагностикасы кабинетіндегі дозалық алаңдардың қалыптасуы туралы деректер медициналық қызметкердің әр түрлі рентген аппараттарды қолдана отырып рентген-диагностикалық зерттеу жүргізу кезінде алған дозасын бағалауға мүмкіндік береді. Сондай-ақ дозалық алаңдарды зерттеу нәтижелері зерттеу жүргізу кезінде қамтылған мамандардың және зерттеу жүргізу кезіндегі пациенттерге көмектесетін тұрғындардың дозаларына баға беруге мүмкіндік береді.

1. ЖАЛПЫ ПРИНЦИПТЕР

Рентген-диагностикалық аппараттардың үлкен бөлігі рентген сәулеленулердің импульсті көздерінде жұмыс істейтін орнықты қондырғы ретінде берілген (энергетикалық диапазоны – 0,1-ден 250 кэВ дейін). Аталған құралдарға арналған рентген сәулелену қабылдағышының бетіндегі бір түсіруге минималды берілген экспозициондық доза

50 мкЗв құрайды, тіпті егер ауадағы өту кезіндегі әлсіреуін ескерсек, онда 2 м алыстаған сайын доза 12,5 мкЗв дейін құлайды, яғни дозалық алаңдарды зерттеу үшін дозаларды тіркеудің төмен шегі бар құрал немесе дозаларды жинақтайтын құрал пайдалану қажет.

Дозалық алаңдарды зерттеу әдіснамасын әзірлеу барысында рентген сәулеленулердің кеңістіктегі таралу принциптері қарастырылған болатын. Рентген кабинетінің үй-жайындағы дозалық алаңдардың кеңістіктегі таралуын зерттеу үшін кабинеттің үй-жайындағы жердің тік және көлденең бетінде, сәулелену таралуының негізгі болжамды сәулелерінде еден деңгейінен 1, 1,5 және 1,8 м биіктікте дозиметрлер орналасқан, бұл аяққа, кеудеге және басқа сәйкес келеді. Дозиметрлердің тік бетте орналасуының аталған таңдауы жұмыс орындарындағы радиациялық бақылаудың көрсетілген нүктелерінен қабылданған [2]. Көлденең жазықтықта дозиметрлер рентген аппаратпен жасалған рентген сәулелердің болжамды таралуының бағыттары бойынша және осы облыстар арасында тегіс орналасады. Рентген аппаратпен қалыптасатын дозалық алаңдардың қалыптасуына радиациялық аяның үй-жайлардағы әсерін болдырмау үшін өлшеу алдында аппараттың ажыратылған кезінде [3] радиациялық аяның доза қуатын анықтап, өлшенген доза мәндерінен оның үлесін алып тастау керек.

Қойылған мәселені ескере отырып, дозаны жинақтайтын және оператордың үнемі бақылауын қажет етпейтін дозиметрлерді – жеке термолюминесцентті (ТЛ) дозиметрлер немесе тік көрсететін дозиметрлерді пайдалану шешілді. Сәулелік диагностика кабинеттеріндегі дозалық алаңды зерттеу үшін пайдалануға аса тиімдісі ТЛ дозиметрлері, өйткені тік көрсететін дозиметрлер рентген сәулеленудің барлық спектрін тіркеуге мүмкіндік бермейді, өйткені аталған дозиметр үшін энергиялар аралығы 60 кэВ-тен басталады. ТЛ дозиметрлері үшін аталған аралық 1 кэВ-тен басталады. Сондай-ақ ТЛ дозиметрлері – қолданыста аса қарапайым, энергияға тәуелді емес.

Дозалық алаңдардың қалыптасуын зерттеу рентген-диагностикалық кабинеттің қалыпты кезінде заттай жағдайларда жүргізілді. «Іске қосудың» n-санымен қалыптасқан тиімді дозаның жүргізілген өлшеуінің нәтижелері бойынша бір шартты «іске қосу» («іске қосу» дегеніміз зерттеудің бір реттік жүргізілуі немесе пациентті рентген аппаратурада сканерден 1 өткізу) үшін дозалардың кеңістіктегі таралуы есептеледі. Өлшеу нәтижелері бойынша бір шартты «іске қосу» үшін дозаның орташа мәні есептеп шығарылады.

Қабылдағыштың бетіндегі бір түсіруге минималды берілген экспозициялық дозаны ескере отырып, дозиметрлердің сезімталдығы (100 мкЗв) және дозиметрдің рентген сәулеленудің көздерінен болжамды алыстауы (4 метрге дейін), репрезентативті нәтижелер алу үшін, жүргізілген «іске қосу» саны шамамен 70 болуы тиіс (өйткені аталған есептеулер сәулеленудің пациенттің денесі мен құрылғы корпусы арқылы өтуі кезіндегі әлсіздену ескерілмей жүргізілді және «іске қосулардың» саны екі реттік қормен анықталды).

2. ӘДІСНАМАНЫҢ ҚОЛДАНЫЛУЫНА ТӘЖІРИБЕЛІК БАҒАЛАУ ЖҮРГІЗУ

Әдіснаманың қолданылуын тексеру үшін доза алаңдарын зерттеу бойынша тәжірибелік жұмыстар жүргізілді.

Тәжірибелік жұмыстар екі рентген-диагностикалық жабдықта – флюорографиялық аппарат пен компьютерлік томография аппараттарында жүргізілді. Аталған жабдықты таңдау келесі факторларға негізделген:

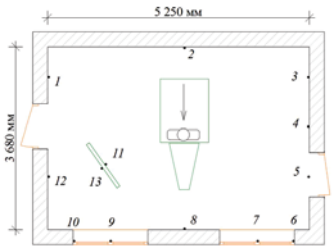
- Флюорографиялық зерттеулер Қазақстандағы зерттеулердің ішіндегі ең көп тараған зерттеу түрі болып табылады;
- Томографиялық зерттеулерге пациенттерге арналған жоғары дозалық жүктемесі тән.

Компьютерлік флюорографиялық аппаратпен жабдықталған алдын ала зерттеуді жүргізу нәтижелері бойынша репрезентативті нәтижелерді алу үшін жүргізілген «іске қосудың» саны 100 кем болмауы тиіс.

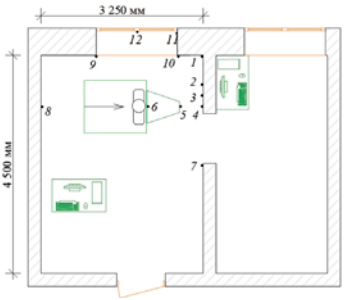
Тәжірибелік жұмыстар төмендегілермен жабдықталған кабинеттерде жүргізілді (1-сурет):

- 12Ф7К пленкалы флюорографиялық аппаратымен – 2 зерттеу, флюорографиялық қондырғының 400 «іске қосуы» (2-сурет);
- «Флюарком» 12ФК1 компьютерлік флюорографиялық аппаратымен – 2 зерттеу, флюорографиялық қондырғының 270 «іске қосуы» (3-сурет);
- CTHISPEED CT/E компьютерлік томографымен – 3 зерттеу, 1196 «іске қосуы» (4-сурет).

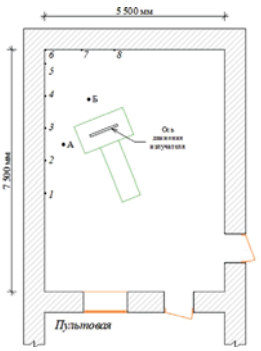
1-Сурет. Тәжірибелік жұмыстарды жүргізу



2-Сурет. 12Ф7К флюорографиялық аппаратпен жабдықталған кабинеттегі тиімді дозаны бақылау нүктелерінің орналасу сұлбасы



3-Сурет. «Флюарком» 12ФК1 флюорографиялық аппаратпен жабдықталған кабинеттегі тиімді дозаны бақылау нүктелерінің орналасу сұлбасы



4-Сурет. Компьютерлік томография кабинетіндегі тиімді дозаны бақылау нүктелерінің орналасу сұлбасы

Зерттеу жүргізілген кезде алынған нәтижелер бойынша флюорографиялық қондырғы мен томографтың бір «іске қосуына» келетін (1-кесте, 2-кесте, 3-кесте, 5-сурет, 6-сурет, 7-сурет) орташаланған дозаны есептеу жүргізілді. Өлшенген дозаның орташаланған дозамен салыстырғандағы шашырауын бағалау үшін стандартты ауытқу есептелді (1-кесте, 2-кесте, 3-кесте).

1-Кесте

12Ф7К пленкалы флюорографиялық аппаратымен (стандартты ауытқу) жабдықталған үй-жайдағы 1 «іске қосуға» дозаның орташа мәні, мкЗв

Нүкте	1 м биіктікте	1,5 м биіктікте	1,8 м биіктікте
1	0,30(0)	0,28(0,04)	0,35(0,11)
2	0,26(0)	0,28(0,01)	0,28(0,08)
3	0,30(0,07)	0,39(0,03)	0,36(0,07)
4	0,24(0,07)	0,38(0,04)	0,34(0,04)
5	0,41(0,04)	0,48(0,11)	0,29(0,06)
6	0,46(0,08)	0,39(0,06)	0,32(0,06)
7	0,40(0,07)	0,19(0,03)	0,37(0,06)
8	0,34(0,06)	0,36(0,03)	0,47(0,08)
9	0,24(0,01)	0,22(0,07)	0,36(0,06)
10	0,38(0,03)	0,47(0,05)	0,17(0,01)
11	0,20(0,01)	0,45(0,04)	0,27(0,04)
12	0,39(0,05)	0,43(0,04)	0,27(0,19)
13	0,24(0,06)	0,29(0,01)	-

2-Кесте

12ФК1 «Флюарком» компьютерлік флюорографиялық аппаратымен (стандартты ауытқу) жабдықталған үй-жайдағы 1 «іске қосуға» дозаның орташа мәні, мкЗв

Нүкте	1 м биіктікте	1,5 м биіктікте	1,8 м биіктікте
1	0,75(0,21)	1,60(0,14)	1,20(0,07)
2	0,71(0,05)	0,84(0,08)	0,64(0,11)
3	0,69(0,16)	0,71(0,15)	0,80(0,13)
4	0,95(0,01)	0,76(0,13)	0,88(0,06)
5	-	1,20(0,23)	-
6	0,69(0,11)	-	1,30(0,14)
7	0,41(0,06)	0,84(0,17)	1,10(0,16)
8	0,60(0,08)	1,20(0,07)	0,85(0,10)
9	1,00(0,12)	0,63(0,10)	0,85(0,04)
10	0,77(0,08)	0,65(0,17)	0,81(0,09)
11	0,99(0,05)	1,07(0,11)	0,85(0,01)
12	0,92(0,29)	1,28(0,74)	2,34(1,50)

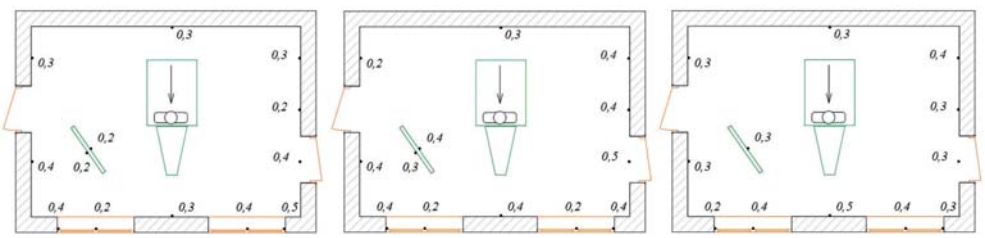
3-Кесте

CTHISPEED CT/E компьютерлік томографпен (стандартты ауытқу) жабдықталған үй-жайдағы 1 «іске қосуға» дозаның орташа мәні, мкЗв

Нүкте	1 м биіктікте	1,5 м биіктікте	1,8 м биіктікте
1	0,36(0,09)	0,35(0,11)	0,35(0,03)
2	0,28(0,10)	0,27(0,02)	0,27(0,14)
3	0,23(0,02)	0,27(0,10)	0,24(0,04)
4	1,70(0,25)	1,30(0)	0,85(0,03)
5	0,93(0,18)	1,10(0,29)	0,96(0,23)
6	0,80(0,20)	0,85(0,12)	0,75(0,04)
7	0,84(0,05)	1,00(0,25)	0,88(0,09)
8	1,00(0,25)	0,96(0,15)	0,90(0,17)

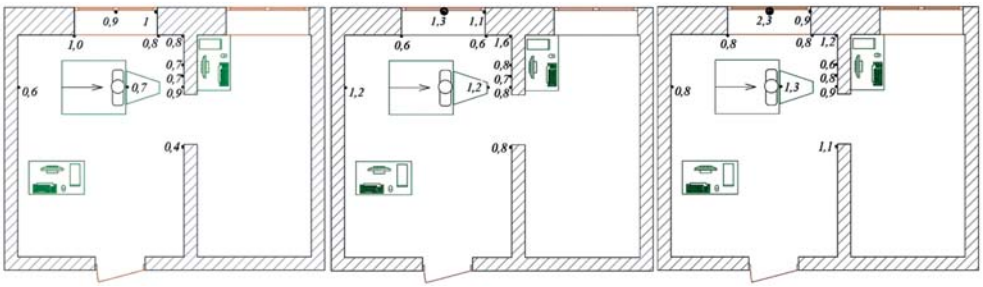
Өлшенген деректер талдамасы нәтижелерінің біраз ғана айырмашылықтары кезінде дозалық алаңдардың кеңістіктегі таралуының шынайы көрінісін алу үшін дозиметрлердің бірдей орналасуымен екі зерттеу жүргізу жеткілікті екенін көрсетті. Нәтижелердің айырмашылықтары көп болған жағдайда (өлшеу құралдарының кемшілігінен жоғары) үшінші зерттеу жүргізу қажет. Алайда, аталған әдіснама зерттеу жүргізу кезінде аппарат жұмыс істеп тұрған, пайдалану параметрлері норма шегінде және жұмыс кезеңінде орташа статистикалық зерттеулердің барлық спектрі жүргізілді деген болжамға негізделген. Зерттеу жүргізу кезінде аталған параметрлердің аздаған ауытқулары кезінде алынған дозалардың кеңістіктегі таралуы жоғары да және төмен де болуы мүмкін.

Дозиметрлердің позицияда тұрған кезінде терезелерде деректердің көптеген шашырауы бар нәтижелер алынды (2-кесте, 12-нүкте). Аталған өлшеулер кабинеттегі дозаларды бағалау үшін қолданылмайды, өйткені рентген аппараттың жұмысымен қалыптасқан дозаны сипаттамайды. Бұл зерттеулер үшін пайдаланылатын дозиметрлердің техникалық ерекшеліктеріне байланысты болуы мүмкін. ТЛ дозиметрлер үшін дозиметрдің үнемі күнде болуы кезінде сандық флюорографиялық кабинетте орналасуы бар жағдайда болғандай қызуы қатерлі болып табылады, ақпараттың бір бөлігі бұрмаланған болды (пленкалы флюорографиялық аппаратпен жабдықталған кабинетте терезелер көлеңке жаққа қарайды).



1 м биіктікте 1,5 м биіктікте 1,8 м биіктікте

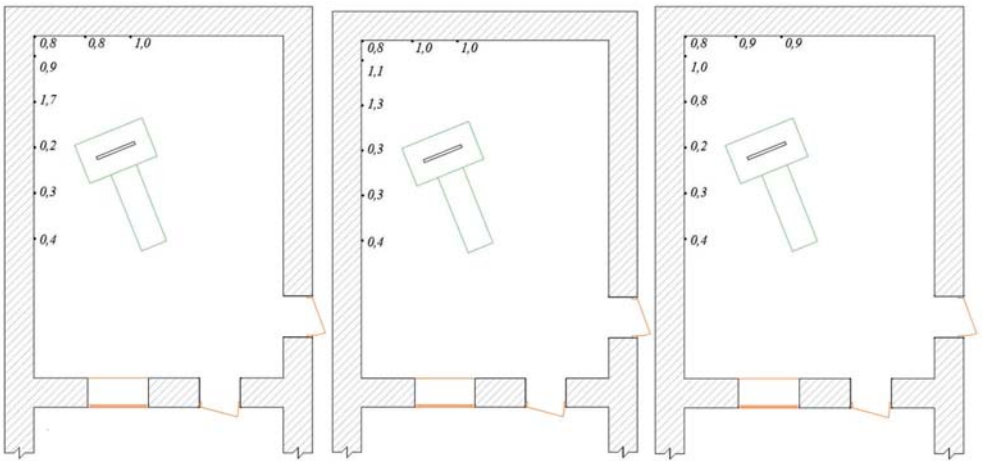
5-сурет. 12Ф7К флюорографиялық аппаратпен жабдықталған кабинеттегі дозалардың орналасу сұлбасы, мкЗв



1 м биіктікте 1,5 м биіктікте 1,8 м биіктікте

– қанағаттанарлықсыз нәтижелер алынған бақылау нүктелері

6-Сурет. «Флюарком» 12ФК1 флюорографиялық аппаратпен жабдықталған кабинеттегі дозалардың орналасу сұлбасы, мкЗв



1 м биіктікте 1,5 м биіктікте 1,8 м биіктікте

7-Сурет. Компьютерлік томография кабинетіндегі дозалардың орналасу сұлбасы, мкЗв

Аталған зерттеулер жүргізілген медициналық мекемелердің барлық қызметкерлері жеке дозиметрлік бақылауға қойылды.

Медициналық қызметкердің жеке дозасының қалыптасуын бағалаудағы әдіснаманың қолданылуын тексеру үшін медициналық қызметкердің өлшенген жеке дозасын зерттелген радиациялық алаңдар бойынша дозалармен салыстыру жүргізілді (4-кесте). Дозаларды есептеу үй-жайлардағы аялық мәндерді есептеу арқылы жүргізілді (тәулігіне 24 сағат), рентген қондырғының «іске қосу» кезінде (рентген аппараттың «іске қосу» уақытындағы ғана әсері) жұмыс орнындағы доза мәндері және «іске қосулардың» саны бақылау кезеңінде өзіне келесі кезеңдерді қосты:

- пациентті тексеру кезінде медициналық қызметкердің отырған орнын анықтау;
- қызметкердің орналасу нүктесінде бір «іске қосуға» келетін дозаны есептеу;

- тоқсандыққа жүргізілген зерттеулер «іске қосу» саны туралы ақпаратты жинау;
- тоқсандыққа рентген аппараттың жұмысымен қалыптасқан, медициналық қызметкердің алған жиынтық дозасын есептеу;
- ЭДҚ өлшенген мәндерінің нәтижелері бойынша рентген аппарат ажыратылған кезде үй-жайларда радиациялық аямен қалыптасқан дозаны есептеу;
- тоқсандыққа дозаны есептеу (үй-жайларда радиациялық аямен қалыптасқан және рентген аппараттың жұмысымен қалыптасқан жиынтық доза).

Дозаларды салыстыру тек флюорографиялық кабинеттердің қызметкерлері үшін ғана жүргізілді, өйткені компьютерлік томографияны жүргізу кезінде қызметкер тікелей кабинетте болмайды.

4-Кесте

Жеке дозиметрлік бақылау мен есептік дозаның нәтижелері

Жабдық түрі	А.Т.Ә.	Тоқсандыққа $H_p(10)$ тиімді дозасының жеке эквиваленті, мЗв	Тоқсандыққа есептік доза, мЗв
12Ф7К пленкалы флюорографиялық аппарат	Рентген-лаборант	0,52±0,15	0,85±0,25
12ФК1 сандық флюорографиялық аппарат	Рентген-лаборант	0,34±0,10	0,45±0,14

Жүргізілген талдаманы ескере отырып, аталған мекемелердің медициналық қызметкері не аз есептік доза алады, немесе есептік деңгейдегіні алады, бұл кезде дозаның есептік мәндері мен жеке дозиметрлік бақылау жүргізу кезінде алынған деректер арасындағы айырмашылық аталған мөлшерлер өлшемінің белгісіздік облысында жатыр. Есептік жолмен алынған дозалар, екі жағдайда да өлшегендерден артық, өйткені есептеу кезінде аталған қызметкер барлық зерттеу кезінде қатысты делінген, бұл шындық емес.

Нәтижелердің ұқсастығын ескере отырып, қызметкердің немесе зерттеу жүргізу кезінде көмектескен және А және Б нүктелерінде болған компьютерлік томография жүргізу кезінде рентген сәулелену әсерінің алаңында болған пациенттің туыстарының болжанған дозасына бағалау жүргізуге болады (4-сурет). Бір пациентті тексерген кезде шамамен 30-34 «іске қосу» жүзеге асады десек, таңдалған нүктелерде орналасқан көмекші қызметкердің дозасы А нүктесі үшін 0,04 мЗв, Б нүктесі үшін 0,23 мЗв құрайды.

ҚОРЫТЫНДЫ

Дозалық алаңдарды өлшеудің аталған әдіснамасын пайдалану бір уақытта кабинеттің барлық периметрі бойынша бірдей жағдайда, оператордың қатысуынсыз, энергияға тәуелсіз өлшеу жүргізуге мүмкіндік береді.

Репрезентативті нәтижелер жүргізу үшін «іске қосулардың» саны 100-ден кем болмауы тиіс.

Аталған әдіснама аппараттың болжамды техникалық бұзылуларын және зерттеулердің әр түрлі түрлерін жүргізу кезіндегі келтіру айырмашылығын ескермейді. Аталған параметрлердің зерттеулердің жүргізу уақытындағы үлкен ауытқулары кезінде дозалардың алынған кеңістіктегі таралулары жоғарылаған да , төмендеген де болуы мүмкін. Өйткені техникалық бұзылулар көптеген әсер көрсетеді, дозалар алаңдарын анықтаудың кемшілігін азайту үшін зерттеу басталғанға дейін аппараттың техникалық жағдайын бағалап, эксплуатациялық параметрлерге бақылау жүргізу қажет.

Терезелердің күн жағында, немесе жұмысы кезінде жылудың біршама мөлшері бөлінетін қыздыру құралдарының (қуат көзі және т.с.) жанында орналасуы кезінде дозиметр көрсеткіштерінің кемшіліктері болуы мүмкін.

Зерттелген радиациялық алаңдар туралы деректерді медициналық қызметкердің немесе зерттеу жүргізу кезінде көмектескен және рентген сәулелену әсерінің алаңында болған пациенттің туыстарының болжамды дозаларын бағалау үшін пайдалануға болады.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. *Иванов Е.В., Кальницкий С.А.* «Медицинадағы радиациялық қауіпсіздік» халықаралық конференциясы, 2003
2. Санитарлық – эпидемиологиялық ережелер мен нормалар № 303. «Сәулелік диагностика және терапия кабинеттерін жобалау, ұстау және пайдаланудың санитарлық – эпидемиологиялық талаптары», 23.05.2008.
3. Аумақтар мен үй-жайлардың гамма-аясын өлшеу әдістемесі./РҚ Бас Мемлекеттік санитарлық дәрігердің орынб. М.Б.Спатаевпен бекітілген / 25.08.1997.

РАЗРАБОТКА МЕТОДОЛОГИИ ИЗУЧЕНИЯ ДОЗОВЫХ ПОЛЕЙ В РЕНТГЕНОДИАГНОСТИЧЕСКИХ КАБИНЕТАХ

Е.В. Мустафина, А.Ю. Осинцев, В.В. Божко

Данная работа проведена для разработки методологии изучения дозовых полей в кабинетах лучевой диагностики и основана на экспериментальных исследованиях формирования полей доз при проведении рентгенодиагностических процедур. Данные о формировании дозовых полей в кабинетах лучевой диагностики позволят не только оценить дозы, получаемые медицинским персоналам при проведении рентгенодиагностических исследований, но и дать оценку доз специалистов, задействованных при проведении исследований, не входящих в состав персонала рентген-кабинета, и населения, помогающего пациентам при проведении исследований.

Ключевые слова: рентгенодиагностика, медицинское облучение, дозы, формирование дозовых полей.

DEVELOPMENT OF METHODOLOGY FOR STUDY OF DOSE FIELDS IN X-RAY ROOMS

E.V. Mustafina, A.Yu. Ossintsev, V.V. Bozhko

This work has been carried out to develop a methodology for studying the dose fields in the offices for roentgen diagnostics and is based on experimental studies of the formation of fields of doses during X-ray medical examinations. The data on the formation of dose field in the offices for roentgen diagnosing will allow not only assessing the doses uptaken by medical personnel during X-ray examination but also to assess the doses gained by personnel involved in research, but not the medical staff of the X-ray room, and the population helping the patients during examination.

Key words: X-ray, medical X-ray, dose, dose field formation.

УДК 621.039.58:621.039.7:541.28:539.16

ЖН-350 РЕАКТОРЛЫҚ ҚОНДЫРҒЫСЫНЫҢ СҰЙЫҚ РАДИОАКТИВТІ ҚАЛДЫҚТАРЫН ҚАЙТА ӨҢДЕУ ТЕХНОЛОГИЯСЫНЫҢ ТИІМДІЛІГІ ЖАЙЛЫ МӘСЕЛЕГЕ

О.Ю. Коровина, С.Н. Лукашенко, В.В. Каширский

Бұл мақала Ақтау қ. (Қазақстан) орналасқан жылдам нейтрондардағы реакторлық қондырғы (ЖН-350 РҚ) қызметінің нәтижесінде пайда болған сұйық радиоактивті қалдықтарды (СРҚ) қайта өңдеу технологиясына арналған. Жұмыс ЖН-350 РҚ СРҚ қайта өңдеудің негізгі технологиялық кезеңдері тиімділігінің теоретикалық есептеулері мен тәжірибелік зерттеулеріне негізделген. Тәжірибелік зерттеулер Радиациялық қауіпсіздік және экология институты радиохимиялық зерттеулер зертханасының және Қазақстан Республикасы Ұлттық ядролық орталығы Ядролық физика институты инженерлік экология зертханасының базасында жүргізілді. Зерттеулер үшін ЖН-350 РҚ ыдыстарынан іріктеп алынған сұйық радиоактивті қалдықтардың үлгілері, сондай-ақ СРҚ химиялық құрамына ұқсас үлгі ерітінділері пайдаланылды. Жұмыс нәтижесінде ЖН-350 РҚ СРҚ қайта өңдеу технологиясының тиімділігі туралы қорытынды жасалды.

Түйін сөздер: сұйық радиоактивті қалдықтарды қайта өңдеу, жылдам нейтрондардағы реактор, ЖН-350 РҚ радионуклидті құрамы, СРҚ тазалаудың тиімділігін бағалау.

КІРІСІПЕ

Сұйық радиоактивті қалдықтарды тиімді қайта өңдеу және оларды сенімді кәдеге жарату міндеттерін шешу атом энергетикасының өмір сүруін және одан ары дамуын анықтайтын негізгі мәселелердің бірі болып табылады.

Реактор қондырғылардың сұйық радиоактивті қалдықтары бөліну өнімдерімен, коррозиялық пайда болған радионуклидтермен, су-химиялық режімді қолдау және жабдыққа дезактивация жасау үшін пайдаланылатын түрлі заттектермен ластанған минералданудың әр түрлі сатысының ерітіндісі ретінде берілген.

СРҚ қайта өңдеудің дәстүрлі әдістері: терең булау, цементтеу және битумдау болып табылады. Бұл әдістер көмуге жарамды СРҚ инертті формаға ауыстыруға мүмкіндік береді, бірақ радиоактивті қалдықтардың үлкен көлемінің мәселелерін шешпейді.

Қазіргі уақытта аса көп тарағаны – іріктемелі сіңіруді пайдаланумен СРҚ қайта өңдеу технологиясы, ол сіңіргіштің аздаған көлемінде СРҚ негізгі радиоактивтілігін құрайтын Cs радиоактивті изотопын шоғырландыруға мүмкіндік береді. Әдеби көздерге сәйкес [1, 2], іріктемелі сіңіруді пайдалану кезінде СРҚ тазалау процесінің негізгі технологиялық сатысы болып табылатындары: бастапқы ерітіндінің алдын ала сүзілуі мен дайындалуы, СРҚ органикалық құрамдасының қышқылдануы, сүзгілеу және тікелей сіңіру. Қышқылдану мен сүзілуден соң тазаланатын ерітіндіні ферроцианидті сіңіргіштегі іріктемелі сіңіруге жібереді, ферроцианидті сіңіргіш ретінде көбінесе Термоксид-35 маркалы органикалық емес сіңіргішті пайдаланады.

ЖН-350 реакторлық қондырғыда жинақталған СРҚ қайта өңдеу үшін дәл осы іріктемелі сіңіру әдісін пайдалану ұсынылды [3]. Бастапқы деректерге сәйкес [4], СРҚ тұз құрамы 70–605 г/л, көлемді белсенділік 10^7–10^8 Бк/л құрайды. СРҚ радиоактивтілігі, негізінен Cs, Co және Mn радионуклидтеріне байланысты.

2000–2001 жж. Маңғыстау атом энергокомбинатында СРҚ қайта өңдеудің көрсетілген әдісін зертханалық және стенділік сынау жүргізілді. Тәжірибелерде пайдаланылатын тәжірибелік қондырғы озондау, сүзгілеу және сіңіру желілерінен құралды. Конструкция жағынан қондырғы жеке үлгілер: ыдыстар блогы, сорғы, арматура, сіңіргіш колонкалар, озонатор түрінде орындалған [5]. ЖН-350 РҚ СРҚ тазалау бойынша тәжірибелік зерттеулер нәтижесінде стендтік қондырғы СРҚ ^{137}Cs бойынша 10^{-9}–10^{-10} Ки/л (3,7–37 Бк/л) мәндеріне дейін, ^{60}Co бойынша – 10^{-8}–10^{-9} Ки/л (37–370 Бк/л) мәндеріне дейін тазалауға мүмкіндік беретіні анықталды [5]. Басқа радионуклидтер бойынша ақпарат жеткіліксіз мөлшерде берілген. Қайта өңделген қалдықтардың радиациялық қауіпін кешенді бағалау үшін қажетті бастапқы деректер болған жоқ.

СРҚ құрамы туралы бастапқы деректер негізінде 2002 ж. ЖН-350 РҚ СРҚ иондық іріктемелі тазалаудың өнеркәсіптік қондырғысына жоба әзірленді. Жобаға сәйкес, СРҚ қайта өңдеудің технологиялық процесі булауға жоспарланған және құрғақ тұз түрінде жұмыс істеп тұрған «Карьер 400» тұрмыстық қалдықтар полигонына [4] сақтау үшін жіберілетін, радионуклидтерден тазаланған ерітінді алумен аяқталды.

ЖН-350 РҚ СРҚ қайта өңдеу технологиясы бойынша материалдардың әдеби шолу деректерін, сондай-ақ ЖН-350 РҚ СРҚ құрамы бойынша бастапқы есептік деректерді пайдалана отырып, СРҚ құрамында қалдықтарды санаттауды жүргізу және оларды тазалау кезінде құрамын ескеруге қажетті радионуклидтердің болуын күтуге болады.

1. ТӘЖІРИБЕЛІК БӨЛІМ

ЖН-350 РҚ СРҚ қайта өңдеу сатысындағы негізгі технологиялық процестердің тиімділігін бағалау мақсатында келесі зерттеулер жүргізілді:

- ЖН-350 РҚ СРҚ радионуклидті құрамын анықтау (теоретикалық және тәжірибелік бағалау).
- СРҚ озондау процесін қалдықтардың кешен жасаушы құрамдастарын бұзу мақсатында пайдаланудың тиімділігін бағалау.
- СРҚ Cs иондық алмасу сіңіргіштік сатысындағы изотоптарынан тазалаудың тиімділігін бағалау.

1.1. ЖН-350 РҚ СРҚ радионуклидті құрамын анықтау

1.1.1. Теоретикалық бағалау

Реактордағы жұмыс кезінде бөліну өнімдерінен – Д.И. Менделеевтің кезендік жүйесінің орта бөлігінің радиоизотоптарынан, бөлінбеген ураннан және орнатылған белсенділіктің радионуклидтерінен [6] тұратын 200-ге жуық радионуклид пайда болады (мырыштан гадолинияға дейін).

Ядролық реактор жұмысының нәтижесінде пайда болған жалпы белгілі радионуклидтерден ($^{137,134}Cs$, ^{60}Co, ^{54}Mn, ^{90}Sr, Pu изотоптары) басқа, өңделген ядролық отында көптеген қысқа өмір сүретін және ұзақ өмір сүретін, құрамы әдетте радиоактивті қалдықтарды өңдеу бойынша негізгі технологиялық операцияларды әзірлеу кезінде ескерілмейтін радионуклидтер бар. Мақалада [7] көп жылғы сәулеленуден кейін ВВЭР

типті реактордан енді ғана алынған өңделген ядролық отынның (ӨЯО) бағдарлы құрамы ұсынылған, бұл сәулеленуге сәйкес, ӨЯО 1 тоннасында 950–980 кг $^{235+238}$U, 5–10 кг Pu, 1,2–1,3 кг ^{137}Cs, 770 г жуық ^{99}Tc, 500 г жуық ^{90}Sr, 500 г ^{237}Np, 120–350 г ^{241}Am, 200 г жуық ^{129}I, 60 г жуық ^{242}Cm және ^{244}Cm, 12–15 г ^{151}Sm және т.б. бар.

Жұмыс деректеріне сәйкес [8], жылу және жылдам нейтрондардағы РАҚ реактор сипаттамаларын салыстыру РАК құрамы мен белсенділік деңгейлері ұқсас екендігін көрсетті. ЖН реакторлардың РАҚ ерекшеліктері анықталды: ВВЭР реакторларындағыға қарағанда сұйық РАҚ көлемі 2–2,5 есе төмен, қатты РАҚ – 1,5–3 есе жоғары, ЖН реакторлардың өзіндік қатты РАҚ – сұйық металл натрийлі жылуөткізгіш, құрамында натрий бар тұзақтар мен адсорберлер.

Сонымен, ВВЭР типті жылу нейтрондарындағы реактор ЯОҚ бағдарлы құрамы бойынша жоғарыда келтірілген деректерді пайдалана отырып [8], осы уақытқа ЖН-350 РҚ ЯОҚ 1 тоннасының болжамды радионуклидті құрамы есептелді. Қалдықтардың жоғары радиоактивтілігін құрайтын негізгі радионуклид ^{137}Cs екенін ескере отырып, әр ұзақ өмір сүретін радионуклидтің ^{137}Cs белсенділігіне арақатынасын есептеу жүргізілді. Берілген арақатынастар мен ЖН-350 РҚ СРҚ ^{137}Cs белсенділігі туралы сандық деректер бойынша (10^7–10^8 Бк/кг, [3]) ЖН-350 РҚ СРҚ бағдарлы радионуклидті құрамы анықталды. Бұл кезде төмендегілер қабылданды:

- радионуклидтердің ЯОҚ-дан СРҚ ерітіндісіне өту кезінде олардың тегіс еруі жүреді, яғни радионуклидтердің бір-біріне қатынасы өзгермейді;
- отынды реактордан алу уақыты – 01.12.1999 ж.;
- қысқа өмір сүретін радионуклидтер және орнатылған белсенділік радионуклидтері бойынша деректер есепте қолданылмайды;
- бір элементтің бірнеше изотоптары бар кезде белсенділік жартылай ыдыраудың үлкен кезеңі бар радионуклид бойынша есептелді.

Есептеулердің нәтижелері кестеде берілген (1-кесте).

1-Кесте

01.01.2010 ж. ЖН-350 РҚ СРҚ және ЯОҚ бағдарлы радионуклидті құрамын есептеудің нәтижелері

Радионуклид	ЯОҚ-дағы есептік тиесілі белсенділігі, Бк/т	Радионуклид / ^{137}Cs қатынасы	СРҚ-дағы есептік тиесілі белсенділігі, Бк/кг	01.09.03 ж. декантаттағы тиесілі белсенділік, Бк/кг	АД (РҚН-99), Бк/кг
^{238}U	$1{,}2\cdot10^{10}$	1:215 000	$2{,}2\cdot10^{3}$	Анықталған жоқ	3,1
^{239}Pu	$2{,}3\cdot10^{13}$	1:114	$4{,}2\cdot10^{6}$	Анықталған жоқ	$5{,}6\cdot10^{-1}$
^{137}Cs	$3{,}4\cdot10^{15}$	1:1	$4{,}8\cdot10^{8}$	10^7-10^8	11,0
^{99}Tc	$4{,}8\cdot10^{11}$	1:5400	$8{,}9\cdot10^{4}$	Анықталған жоқ	$2{,}2\cdot10^{2}$
^{90}Sr	$2{,}0\cdot10^{15}$	1:1,3	$3{,}8\cdot10^{8}$	Анықталған жоқ	5,0
^{237}Np	$1{,}3\cdot10^{10}$	1:200 000	$2{,}4\cdot10^{3}$	Анықталған жоқ	1,3
^{241}Am	$4{,}4\cdot10^{13}$	1:59	$8{,}1\cdot10^{6}$	Анықталған жоқ	$6{,}9\cdot10^{-1}$
^{129}I	$1{,}3\cdot10^{9}$	1:1 995 000	$2{,}4\cdot10^{2}$	Анықталған жоқ	1,3
^{244}Cm	$1{,}3\cdot10^{14}$	1:20	$2{,}3\cdot10^{7}$	Анықталған жоқ	1,2
^{151}Sm	$1{,}4\cdot10^{13}$	1:190	$2{,}5\cdot10^{6}$	Анықталған жоқ	$1{,}4\cdot10^{3}$

Жүргізілген теоретикалық есептеулер ЖН-350 РҚ СРҚ негізгі ұзақ өмір сүретін радионуклидтер белсенділігі мәндері нормативтік деңгейлерден (РҚН-99) біршама асатынын көрсетті. СРҚ деректерін өңдеудің технологиясын әзірлеу кезінде қалдықтар құрамында келесі радионуклидтердің болуын күтуге болады: ^{238}U, ^{239}Pu, ^{137}Cs, ^{99}Tc, ^{90}Sr, ^{237}Np, ^{241}Am, ^{129}I, ^{244}Cm, ^{151}Sm. Сонымен бірге, ^{137}Cs және ^{90}Sr қалдықтардың радиоактивтілігіне көп үлес қосатын болады.

Есептік деректерді дәлелдеу үшін ЖН-350 РҚ СРҚ радионуклидті құрамын анықтау бойынша тәжірибелік зерттеулер жүргізілді.

1.1.2. Тәжірибелік бағалау

Б-02/2, Б-02/3, Б-02/5 ыдыстарынан іріктеп алынған ЖН-350 РҚ сұйық радиоактивті қалдықтардың үлгілері, сондай-ақ үлгілік ерітінділер з*ерттеу нысаны* болып табылады.

Зерттеу әдіснамасы

ЖН-350 РҚ СРҚ радионуклидті құрамын анықтау үшін СРҚ 3 үлгісі іріктеп алынды. СРҚ радионуклидті құрамына зертханалық талдама жүргізу үшін аттестатталған әдістеме [9, 10, 11, 12] де, сол сияқты модификацияланған әдістемелер де пайдаланылды. Гамма-сәулелендіруші радионуклидтердің құрамы 20 % тіркеудің салыстырмалы тиімділігі бар кеңейтілген аралықтың Canberra GX-2020 жартылай өткізгіш детекторынан тұратын гамма-спектрометрдің көмегімен анықталды. ^{241}Am аса сезімталдылықпен анықтау үшін аммоний фосфомолибдатындағы қоса тұндырылу арқылы ^{137}Cs алдын ала алып тастаудың қосымша операциясы пайдаланылды. Бұл үшін экстракциондық хроматография әдісімен $^{239+240}$Pu радионуклидтерінің біртіндеп бөлінуінен соң сүзгіштен аммонийдің фосфомолибдатындағы екі, үш реттік қоса тұндырылумен ^{134,137}Cs бөлінді. Сүзгіш ^{241}Am, ^{60}Co, ^{54}Mn, ^{22}Na, ^{125}Sb анықтау мақсатында гамма-спектрометриялық талдамаға түсті. Сосын, өлшеуден кейін ^{90}Sr кальций карбонатымен қоса тұндырылу әдісін пайдалана отырып, сүзгіштен ^{90}Sr бөлінді. ^{90}Sr құрамын анықтау TriCarb-2900 бета-спектрометрінде жүргізілді.

Pu изотоптарының құрамын анықтау үлгіні алдын ала радиохимиялық тазалау бар альфа-спектрометриялық әдіспен жүргізілді. Спектрометриялық үлгіні өлшеу Canberra 7401 альфа-спектрометрінде жүргізілді.

СРҚ құрамын зертханалық зерттеу

ЖН-350 РҚ СРҚ үлгілерін зертханалық зерттеу нәтижесінде Б-02/2, Б-02/3, Б-02/5 ыдыстарынан алынған қалдықтардың радионуклидті құрамы бойынша сандық деректер алынды. Кестеде ҚР Ұлттық ядролық орталығының екі зертханасында жүргізілген талдамалар нәтижесінде алынған орташа деректер, сондай-ақ ЖН-350 РҚ сұйық радиоактивті қалдықтарды қайта өңдеу бойынша кешеннің жұмыс жобасын әзірлеу кезінде алынған зерттеулер нәтижесі берілген (2-кесте).

2-Кесте

ЖН-350 РҚ СРҚ радионуклидті құрамы

Радионуклид (өлшем бірл.)	Радионуклидтің құрамы, Тбелс					
	Б-02/2 ыдысы		Б-02/3 ыдысы		Б-02/5 ыдысы	
	*	**	*	**	*	**
^{241}Am, (кБк/л)	9 ± 2	деректер жоқ	18 ± 1	деректер жоқ	18 ± 2	деректер жоқ
^{134}Cs, (кБк/л)	39 ± 6	270	20 ± 3	96	15 ± 2	260
^{137}Cs, (МБк/л)	123 ± 18	63	53 ± 8	185	113 ± 17	22
^{60}Co, (кБк/л)	15 ± 3	11	6 ± 1	37	25 ± 4	1,9
^{54}Mn, (кБк/л)	< 5	деректер жоқ	< 2	1,5	< 8	деректер жоқ
^{125}Sb, (кБк/л)	< 12	деректер жоқ	< 13	деректер жоқ	< 20	деректер жоқ
^{22}Na, (кБк/л)	< 7	деректер жоқ	< 3	деректер жоқ	< 5	деректер жоқ
$^{239+240}$Pu, (кБк/л)	< 1	деректер жоқ	2,1 ± 0,5	деректер жоқ	6,2 ± 1,3	деректер жоқ
^{90}Sr, (кБк/л)	65 ± 15	деректер жоқ	30 ± 10	деректер жоқ	80±20	деректер жоқ
Ескерту: * - Қазақстан Республикасы Ұлттық ядролық орталығының зерттеулер нәтижелері ** - [13] берілген зерттеу нәтижелері						

Қосымша зерттеулерді жүргізу нәтижесінде ЖН-350 РҚ СРҚ негізгі ластаушы Cs радионуклиді болып табылатыны туралы растайтын есептік және әдеби деректер құпталды. Тұтасымен алғанда, басқа гамма-сәулелендіруші радионуклидтер қатары: ^{60}Co, ^{54}Mn, ^{125}Sb, ^{22}Na [14] бойынша жобалық деректер де құпталды. Алайда зертханалық зерттеулер барысында ^{241}Am, Pu және ^{90}Sr изотоптары сияқты радионуклидтердің болуы туралы растайтын деректер алынды.

^{90}Sr құрамын сонымен тепе-теңдікте тұрған ^{90}Y бойынша анықтау бойынша деректер алынды, ЖН-350 РҚ СРҚ ^{151}Sm құрамы бар деп болжауға болады. СРҚ үлгілеріне зерттеу жүргізу кезінде ^{90}Y ыдырауының күтілетін қисық сызығынан ауытқу байқалды, бұл химиялық қасиеті бойынша иттрийге ұқсас және жартылай ыдыраудың үлкен кезеңі бар басқа радиоактивті изотоптың бары туралы растады. Осындай изотоп ^{151}Sm болып табылады.

ЖН-350 РҚ СРҚ тәжірибелік зерттеу барысында ^{99}Tc, ^{237}Np, ^{129}I, ^{244}Cm құрамы анықталған жоқ, алайда, теоретикалық бағалауға сәйкес, ЖН-350 РҚ СРҚ қалдықтарында аталған радионуклидтердің бар болуын СРҚ өңдеу технологиясын әзірлеу кезінде күтіп, ескеруге болады.

СРҚ негізгі ластаушы радионуклидтерден (Cs, ^{60}Co, ^{54}Mn изотоптарынан) тазалаудың тиімділігін бағалау үшін ЖН-350 РҚ СРҚ өңдеу бойынша ұсынылған жобалардың негізгі технологиялық опреациялардың: озондау процесі және иондық алмасу сіңіргіштігі тиімділігіне тәжірибелік зерттеу жүргізілді. Зерттеулер белгілі радионуклидті құрамы бар үлгілі ерітіндіні пайдалану арқылы жүргізілді.

1.2. Қалдықтардың кешен жасаушы құрауыштарын бұзу мақсатында СРҚ озондау процесін пайдаланудың тиімділігін бағалау

Аталған міндет шеңберінде озондау жолымен СРҚ кешен жасаушы құрауыштарының тотығу технологиясына тәжірибелік бағалау жүргізілді. Озондау нәтижесінде СРҚ органикалық құрауыштарының бұзылуы мен ^{60}Co және ^{54}Mn сияқты органикалық байланысқан радионуклидтердің «босауы» жүреді.

Әдетте тотықтыру ретінде сілтілі ортадағы калий перманганаты пайдаланылатыны әдеби көздерден белгілі. Катализатор және басқа химиялық тотықтырушылардың болуы кезінде сутегі тотығы, азот қышқылы сияқты басқа тотықтырушыларды қолданудың тиімділігі аз болды [15, 16, 17, 18]. УК сәуленің әсерінен сутегі тотығының ыдырау реакциясында пайда болған гидроксилды радикал Б трилонның жоғары тиімді тотықтырушысы болып табылады. Алайда оны пайдалану тұздардың жоғары құрамы бар ерітінді [19] үшін тиімділігі аз болады, бұл тұздарға ЖН-350 РҚ СРҚ жатады.

Озонды тотықтырушы ретінде пайдалану аса тиімді. Озонды қолданатын тотықтырушылардың көбіне қарағанда аса жоғары тотықтыру қасиетіне ие. Осыдан басқа, озон жоғары тұзды аясы бар ерітінділердегі органикалық заттектерді тиімді тотықтырады [20].

ЖН-350 РҚ СРҚ радионуклидтерден тазалау кезінде озондау процесін қолданудың тиімділігін бағалау аталған зерттеулердің міндеті болып табылды. Зерттеу жүргізу кезінде негізгі назар атом саласында зарарсыздандыру жасайтын заттек ретінде бәрінен жиі қолданылатын натрийдің этилендиаминтетраацетаты деструкциясын – ЭДТА (Б трилонын) зерттеуге бөлінді.

Б трилонын тотықтыру үшін өнімділігі озон бойынша 10,5 г/сағ. құрайтын озонатор пайдаланылды. Озонолиз көлемі 2000 мл реакциялық ыдыста жүргізілді. Зерттеліп жатқан ерітінділердің температурасы 20ºС жуық болды.

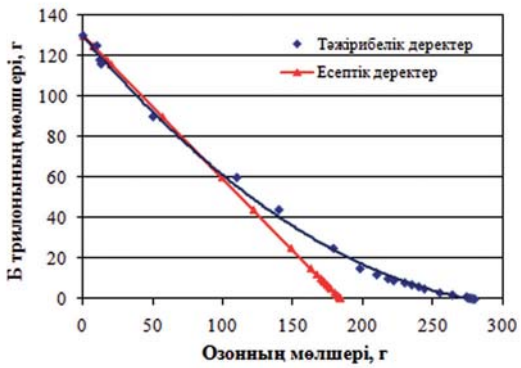
СРҚ кешен жасаушы құрауыштарының тотығу тиімділігін тәжірибелік бағалау үшін Б трилонының құрамы 130 г/л құраған үлгілі ерітінді дайындалды. Үлкен шоғырлануы бар ерітінділерді пайдалану дұрыс емес, өйткені ерітіндінің артық сіңірілуі және тұнбаның түсуі жүзеге асады.

Зерттеу нәтижелері

Теоретикалық есептеулер бойынша, стехиометрияға және тотығу реакциясына сәйкес, Б трилонының 1 г тотығушылық ыдырауына озонның 1,412 г шығындалады:

$(CH_2COO\text{-})_2N\text{-}CH_2CH_2\text{-}N(CH_2COO\text{-})_2 + 9O_3 \rightarrow$ (тотығудың аралық өнімдері: карбонды қышқылдар – қымыздық мен құмырсқа қышқылы) $\rightarrow 2NO_3^- + 2OH^- + +2CO_2 + 5H_2O+O_2$

Зертханалық жағдайларда алынған озонмен Б трилонының тотығуын тәжірибелік зерттеу нәтижелері суретте берілген (1-сурет).



1-Сурет. Озонолиз кезінде Б трилон құрамының өзгеруі

Алынған деректерге сәйкес, шоғырлануы бар кездегі 130-дан 60 г/л дейінгі ерітіндідегі Б трилонының 1 г тотықтыратын ыдырауы үшін озонның 1,4 г шығындалатыны анықталды. Шоғырлануы азайған кездегі 60-тан 1 г/л дейін болған кездегі Б трилонының 1 г тотықтыратын ыдырауы үшін озонның 1,4 г шығындалатыны 1,4-тен 2,2 г дейін көбейеді.

Алынған тәжірибелік деректерді ескере отырып (тотығу кезіндегі Б трилонының озонға орташа қатынасы 1:2), сондай-ақ озонатордың ЖН-350 РҚ СРҚ өңдеу кезінде жоспарланған өнеркәсіптік өнімділігі (озон бойынша 2,5 кг/сағ. [1]) СРҚ (30 г/л, [2]) ерітіндісіндегі Б трилонының типтік шоғырлануы және бір ыдыстағы СРҚ деканататының көлемі 1500 м^3 жуық (1 500 000 л) болған кезде 99 000 кг озон қажет. Егер жобаны жүзеге асыру кезінде аталған қуаты бар бір озондаушы қондырғы қолданылса, онда 1500 м^3 ЖН-350 РҚ СРҚ өңдеу үшін үзіліссіз 1650 күн (шамамен 4,5 жыл) жұмыс істеу қажет. Аталған СРҚ-мен жұмыстар зиянды жағдайда өтетінін назарға ала отырып (жылына 1700 сағат), қалдықтардың бір озондаушы қондырғының көмегімен тотығу уақыты 23 жылға дейін көбеюі мүмкін.

Жүргізілген есептеулер СРҚ ерітіндісінде СРҚ радионуклидтерден тазалау үшін бұзуға қажетті және бұл үшін озонның қосымша мөлшері керек болатын басқа қосындылардың болуын назарға алмайтынын ескеру қажет. Бұл кезде ескеру қажеті тотығудың аралық өнімдері (қымыздық мен құмырсқа қышқылы) пайда болған кезде Б трилонының тотығу сатысындағы pH ерітіндінің азаюы кезінде қышқыл ортадағы озонның шығыны ұлғая береді.

Сонымен, Б трилоны пайдаланылған СРҚ кешен жасаушының тотығу процесін зерттеу озонның шығыны ерітіндідегі кешен жасаушының жалпы санына байланысты өзгеретінін көрсетті. Сақтандыру есебі бойынша зиянды жағдайдағы жұмыс кезінде бір ыдыстан кешен жасаушының тотығуы үшін бір озондаушы қондырғының 23 жылдық жұмысы қажет. Алынған нәтижелерге байланысты ЖН-350 РҚ СРҚ өңдеудің есептік уақыты 5 жыл, ал жинақталған СРҚ есептік саны - 5000 м^3 құрайтын жобалық деректерді ескере отырып, озондаушы қондырғының қажетті саны 16 данадан кем болмауы керек.

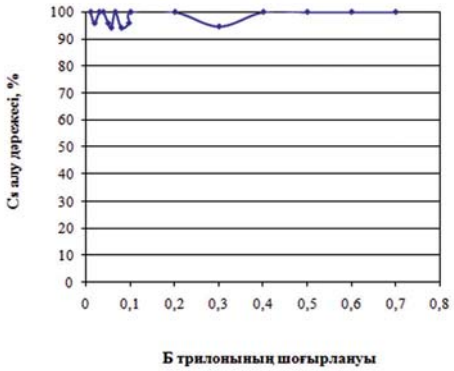
1.3. Иондық алмасу сіңіргіштігі сатысында СРҚ тазалаудың тиімділігін анықтау

СРҚ органикалық құрауыштарының бұзылуы мен қалдықтардың ^{60}Co және ^{54}Mn тазалануынан кейін жобада негізгі радиоактивті ластаушы - Cs изотоптарынан ЖН-350 РҚ СРҚ сіңірулік тазалау қарастырылған.

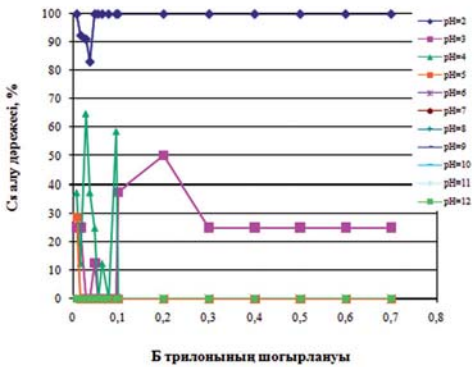
ЖН-350 РҚ СРҚ өңдеу жобасында [5] ферроцианидті сіңіргіш ретінде Термоксид-35: органикалық емес тасушы – цирконий гидроксидіндегі никель ферроцианид негізіндегі сферотүйіршіктелген сіңіргішті қолдану ұсынылады.

СРҚ Cs радионуклидтерінен иондық алмасу сіңіргіштігі сатысында тазалаудың тиімділігін тәжірибелік бағалауды жүргізу кезінде Б трилонының әр түрлі шоғырлануы және ^{134}Cs радиоактивті тасушының белгілі белсенділігі бар үлгілі ерітінділер пайдаланылды. Үлгілі ерітінділер тұрақты жылдамдығы бар сіңіргіштің (Термоксид-35) қозғалмайтын қабаты арқылы өткізілді, ортаның pH 3÷4 құрады. Жүргізілген зерттеулердің нәтижелері суретте берілген (2-сурет). Cs ферроцианидтермен сіңірілу процестерін жан-жақты зерттеу үшін мыс ферроцианидінің жаңа жасалған жүзгінінің көмегімен

Б трилонының әр түрлі құрамы бар ерітіндісінен Cs изотоптарын алуға тәжірибелік зерттеу жүргізілді. Нәтижелер суретте көрсетілген (3-сурет).



2-Сурет. pH=3÷4 кезіндегі Термоксид-35 пайдалана отырып Б трилоны ерітіндісіндегі құрамынан ^{134}Cs алу дәрежесінің тәуелділігі



3-Сурет. pH әр түрлі мәндері кезіндегі мыстың ферроцианидін пайдалана отырып Б трилоны ерітіндісіндегі құрамынан ^{134}Cs алу дәрежесінің тәуелділігі

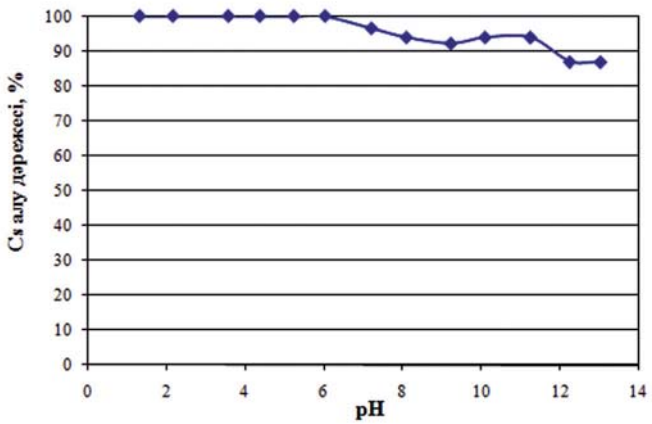
Алынған нәтижелер pH=3÷4 кезіндегі қышқыл ортада түрлі шоғырлануы бар Б трилонының ерітіндісінен (90–100 % тазалау) Термоксид-35-те цезий жақсы сіңірілетінін көрсетті. pH=3-4 кезіндегі Cs (90 %)–дан ерітіндіні тазалаудың аздаған дәрежесі 0,004 н. (7 г/л) Б трилонының ерітіндісіндегі шоғырлануы кезінде анықталды.

Мыстың ферроцианидін пайдалана отырып ерітіндіден Cs тұндыру шоғырланудың 0,05 н. (9 г/л)-нан 0,7 н. (130 г/л) дейінгі аралығында және pH=2 мәнінде Б трилонының болуы кезінде толығырақ өтеді. Б трилонының 0,02-ден 0,05 н. дейінгі шоғырлануы және pH=2 кезіндегі Cs алу 100 % төмен құрайды. Қалған жағдайларда Б трилоны бар кезде ерітіндіден Cs алу дәрежесі 65% аспайды, ал pH=6 бастап Cs ерітіндіден сіңірілуі мүлдем болмайды. Аталған жағдай кезінде ерітіндіден Cs алатын сіңіргіш (мыс ферроцианиді) ериді.

^{134}Cs алу дәрежесі ортаның pH байланысты. pH төмен мәні кезінде (жүзгін қосқандағы 3,5-4-ке дейін) Б трилоны ерітіндісінде комплексон-ион мен натрий ионы пайда болуы бар натрий этилендиаминтетраацетатының диссоциациясы жүреді, бұл кезде мыс гексацианоферраттың құрамына кіретін комплексон-ион мыс ионымен өзара байланысады. Аталған өзара байланыстың нәтижесі – жүзгін еруі – ^{134}Cs сіңіргіші. Анықтамалық деректерге сәйкес [1], комплексон-ионның мыс ионымен (мыс этилендиаминтетраацетаты) қосындысының 18,8, тұрақтылық константы бар, осыған байланысты тұрақтылық константы 1,66-ға тең натрий комплексонатына қарағанда үлкен химиялық тұрақтылыққа ие. Аталған өзара әрекетте өтетін химиялық реакция реакцияның химиялық теңдеуі ретінде берілген:

Сонымен, ортаның әр түрлі pH кезінде сіңіргіш-ерітінді жүйесіндегі химиялық тепе-теңдіктің ығысуы жүзеге асады, нәтижесінде сіңіргіштің еруі мен СРҚ ерітінділерінен Cs алу дәрежесі азаяды.

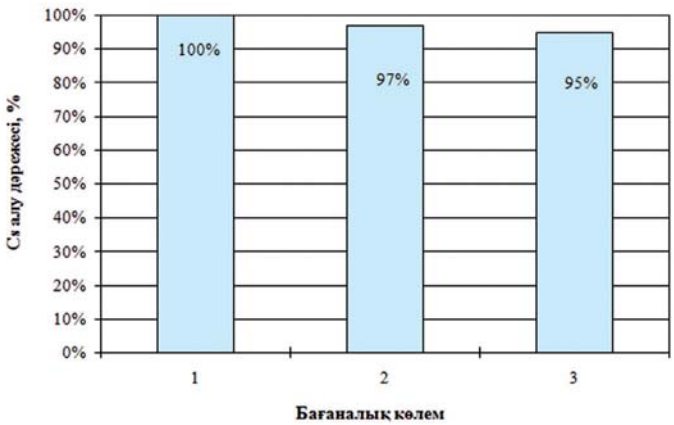
ЖН-350 РҚ СРҚ қайта өңдеу бойынша технологиямен ұсынылған ортаның pH 9-10 құрайтыны [5] белгілі болғандықтан, Термоксид-35 көмегімен тазалау кезіндегі үлгілі ерітінділерден Cs алу дәрежесіне аталған параметрдің әсері зерттелді. Термоксид-35 жүргізілген зерттеулердің жоғарыда суреттелген нәтижелерін ескере отырып, Б трилонының 0,03 н. (5,4 г/л) шоғырлануы бар үлгілі ерітінді таңдап алынды, бұл кезде Cs тазалау 100 % құрады. Аталған үлгілі ерітіндінің негізінде pH (1-ден 13 дейін) әр түрлі атауы бар 13 ерітінді дайындалды. Ерітінділер Термоксид-35 бар иондық алмасу бағаналары арқылы өткізілді. Зерттеу нәтижелері суретте ұсынылған (4-сурет).



4-Сурет. Б трилонының құрамы 5,4 г/л кезінде ерітіндінің pH Термоксид-35 көмегімен үлгілі ертіндіден алу дәрежесінің тәуелділігі

Келтірілген кестеден көретініміз, ^{134}Cs сіңіргіштік дәрежесі Термоксид-35-те үлгілі ерітінділерден Б трилоны негізінде pH ортаның 2-ден 6 дейінгі аралығында 100 % құрайды. Тазалау дәрежесінің 87 % дейінгі төмендеуі pH 7-ден 13 дейін жоғарылауы кезінде жүзеге асады. Құжаттық деректер бойынша Термоксид-35-те pH 11 аса болғанда ферроцианидті сіңіргіштің бұзылуы жүретіні белгілі, осыған байланысты pH қолайлырақ аралығы 2-ден 6 дейінгі болып табылады.

pH=12 және Б трилонының шоғырлануы 0,03 н. (5,4 г/л) кезіндегі жағдай жеке қарастырылды. Мысалы, зерттеу нәтижесінде анықталғандай, pH берілген мәні кезінде Термоксид-35 қолданған кездегі ^{134}Cs тазалау аз дәрежеде, онда үлгілі ерітінді мәзірінің сіңіргіші арқылы өтуі кезінде үлгілі ерітіндіні тазалаудың сатылығын анықтау мақсатында тәжірибелік зерттеу жүргізілді. Ерітіндінің жалпы көлемі 120 мл, ^{134}Cs ерітіндідегі тиесілі белсенділігі 0,08 Бк/мл құрады. Ерітіндінің 1 мәзірі 1 бағаналық көлемді құрады (40 мл). Бағана арқылы ерітіндіні өткізу жылдамдығы сағатына 1 бағаналық көлемді құрады. Термоксид-35 арқылы бір бағаналық көлем өткен соң сіңіргіш арқылы өткен ерітінді гамма-спектрометриялық зерттеуге жіберілді. Зерттеу нәтижелері суретте берілген (5-сурет).



5-Сурет. Термоксид-35 арқылы үлгілі ерітіндіден ^{134}Cs алу дәрежесінің Б трилоны 5,4 г/л және pH=12 құрамы кезіндегі ерітіндінің бағаналақ көлеміне тәуелділігі

Алынған деректерден көретініміз, (Термоксид-35) сіңіргіш арқылы бір бағаналы көлемді үлгілі ерітінді ^{134}Cs тиесілі белсенділігі 0,08 Бк/мл болған кезде ^{134}Cs ерітіндіден алу 100% болады. Сол сіңіргіш арқылы өтетін ерітіндінің бағаналық көлемі ұлғайған кезде ^{134}Cs ерітіндіден алу дәрежесі 95 % дейін азаяды. Бұл кезде, егер сіңіргіш арқылы өткен ^{134}Cs барлық санын ескеретін болсақ, ерітіндінің ^{134}Cs тазалану дәрежесі 89 % жуық құрайды.

Сонымен, ерітіндідегі кешен құрауыш Б трилонының құрамы 20 г/л дейін мөлшерде болған кезде цезий изотоптарының (Термоксид-35) сіңіргішпен алу дәрежесі тұрақты еместігі және 90% жуық құрайтыны анықталды. Егер қазіргі уақытта орташа алғанда ЖН-350 РҚ құрамында ^{137}Cs бойынша 10^7–10^8 МБк белсенділігі бар қалдықтар болса, онда ерітіндіде қалатын ^{137}Cs 10% белсенділігі 10^6–10^7 МБк құрайды. Сіңіргіштер арқылы тазаланған сұйық қалдықтар бәрібір СРҚ санатына жататын болады.

Жүргізілген зерттеулер цезий изотоптарынан СРҚ тазалау бойынша өте жақсы нәтижелер 2-ден 6 дейінгі pH болған кезде алынғанын көрсетеді. ЖН-350 РҚ СРҚ қайта өңдеу технологиясы жөніндегі материалдардағы берілген аралық сілтілі ортаға қарай ауысқан (9–10), тәжірибелік деректермен салыстырғанда бұл қисынсыз, өйткені pH берілген деректерінің мәндері кезінде СРҚ толық тазалану жүрмейді, бұл кезде Cs 10% белсенділігі ерітіндіде қалады.

ҚОРЫТЫНДЫ

1. ЖН-350 РҚ СРҚ радионуклидті құрамын теоретикалық және тәжірибелік бағалау нәтижелері бойынша ЖН-350 РҚ СРҚ негізгі ластаушы Cs радионуклиді болып табылатыны туралы растайтын жобалық деректер бекітілді. Тұтасымен алғанда, ^{60}Co, ^{54}Mn, ^{125}Sb, ^{22}Na сияқты басқа радионуклидтердің СРҚ болуы дәлеледенді. Зерттеу нәтижелерінде СРҚ қайта өңдеу жобасын әзірлеу кезінде құрамдары ескерілмеген, ^{241}Am, Pu

және ^{90}Sr изотоптары сияқты радионуклидтердің ЖН-350 РҚ СРҚ болуы туралы сандық деректер алынды. Зерттеу барысында ^{99}Tc, ^{237}Np, ^{129}I, ^{244}Cm, ^{151}Sm құрамы анықталған жоқ, алайда, теоретикалық бағалауға сәйкес, ЖН-350 РҚ СРҚ қалдықтарында аталған радионуклидтердің болуын СРҚ қайта өңдеу технологиясын әзірлеу кезінде күтіп, ескеру керек.

2. Жүргізілген тәжірибелік зерттеулерге сәйкес сақтандыру бағалауы бойынша көлемі 5000 $м^3$, ЖН-350 РҚ СРҚ кешен құраушы заттектерді тотықтыру үшін озон бойынша 2,5 кг/сағ. жобалық қуаты бар озондаушы қондырғыны пайдалану кезінде 5 жыл ағымында (еңбектің зиянды жағдайы кезіндегі жұмыс уақытын ескере отырып) пайдаланылатын 16 озонатор қажет. Оптимистік есептеу кезінде озондаушы қондырғы үзіліссіз 5 жыл пайдаланылатын болса, қондырғының саны 3 данадан кем болмауы қажет.
3. ЖН-350 РҚ СРҚ Cs изотоптарынан иондық іріктемелі әдіспен тазалау кезінде қалдықтардағы Б трилоны мен pH ортаның шоғырлануының болуы маңызды бақыланатын параметр болып табылады. СРҚ Б трилонының 20 г/л шоғырлануы кезінде ерітіндіде 10 % жуық Cs изотоптары қалады, бұл белсенділік бойынша 10^6–10^7 МБк құрауы мүмкін. СРҚ тазалаудың жоғары көрсеткіштері СРҚ ерітінділерінен Cs изотоптарының сіңіргіштігі иондық іріктемелі дәрежесіндегі 2-ден 6 дейінгі pH кезінде алынды. pH 9–10 дейін жоғарылаған кезінде ерітіндіде Cs 10 % белсенділігіне дейін қалады.

Мақала авторлары "МАЭК-Қазатомөнеркәсібі" қызметкерлеріне, анығында, С. Н. Пустобаевқа, Г. П. Пугачевке, А. В. Ровнейкоға, В. С. Пшеничныхқа, Г. Д. Нестерцовке аталған жұмысты жүргізу кезіндегі бағасыз көмектері мен зерттеу үшін және ЖН-350 РҚ СРҚ үлгілерін іріктеп алуға мүмкіндік жасағандары үшін, сондай-ақ Ядролық физика институтының қызметкерлеріне аталған жұмыс бойынша зертханалық тәжірибелерде бірлесе қатысқандары үшін алғыстарын білдіреді.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. АЭС жинақталған балқымаларды өңдеудің технологиясы / А.П.Кобелев, А.Е.Савкин, О.Г.Синякин, Е.А.Качалова, А.Н.Сороколетова, В.Р.Нечаев // Атом энергиясын пайдалану қауіпсіздігінің стратегиясы: халықаралық конф. - Санкт-Петербор: «Радон» МәсҒӨБ МУП, 2006.
2. Атом стансалары сұйық радиоактивті қалдықтарының иондық іріктемелі тазалау әдісі / А.Э.Арустамов, А.В.Зинин, П.В. Красников, Ю.П. Прилепо, В.В. Перевезенцев, А.Е.Савкин, А.А.Свитцов, С.Б.Хубецов. - Мәскеу: «РАОТЕХ» ЖАҚ, 2006.
3. Тұзды ерітінділермен жұмыс істеу әдісінің салыстырмалы талдамасын жүргізу, нақты әдісті таңдау және айдау сұлбасын, тасымалдау тәсілін және сақтауға талаптарды қоса алғандағы тазаланған тұзды ерітінділермен жұмыс істеу технологиясын әзірлеу: есеп /Д.И.Зеленский, Ю.Л.Истомин. – Мәскеу: «МЭТР» ЖАҚ, 2003.

4. ЖН-350 РҚ сұйық органикалық емес радиоактивті қалдықтарды қайта өңдеу бойынша кешен. Жоба. Қоршаған ортаға әсерін бағалау. Түсіндірме хат. 8702-ОВОС-ПЗ. – Мәскеу: «МЭТР» ЖАҚ, 2004.
5. ЖН-350 реакторының сұйық радиоактивті қалдықтарды қайта өңдеу режімін зерттеу: ҒЗЖ туралы есеп. – Мәскеу: «Радон» СәсҒӨБ, 2001. - 11-28 б.
6. Чернобыль АЭС-ғы апаттың медициналық зардаптары (16 жылдан соң) / И.Я.Василенко, О.И.Василенко. Мәскеу: Мемлекеттік ғылыми орталық. Биофизика институты, 2002.
7. Атом энергетикасының атом қаруымен бұзылмас байланысы / А.В.Яблоков ред. - Мәскеу: СРАН Беллона, 2005. Интернет-ресурс http://www.bellona.ru/reports/yablokov.
8. Скворцов А.И. Жылдам нейтрондардағы реакторды пайдаланудан шығару кезінде радиоактивті қалдықтармен жұмыс істеу / А.И.Скворцов.–Бас. жин., 2007. - 182 б. Интернет-ресурс http://www.rsl.ru/index.php?doc=104.
9. ҚР 2143-91 ИМ «Радионуклидтердің көлемді үлгілердегі белсенділігі. Гамма-спектрометрде өлшеу жүргізу әдістемесі».
10. «Прогресс» бағдарламалық қамтамасыздандыруы бар сцинтилляционды бета-спектрометрді пайдалана отырып радионуклидтердің белсенділігін өлшеу әдістемесі».
11. «Табиғи сулардағы плутоний-(239+240), стронций-90 және цезий-137 жасанды радионуклидтерінің құрамын шоғырландыру әдісімен анықтаудың әдістемесі», Алматы, 2001 ж.
12. Қоршаған орта нысандарындағы $^{239+240}$Pu, ^{90}Sr жасанды радионуклидтерді анықтаудың әдістемесі, KZ.07.00.00471-2005.
13. Иондық іріктемелі тазалау қондырғысын және оларды жеке ғимаратта орнатуы бар СРҚ цементтеу қондырғысын өзіне қосатын ЖН-350 РҚ сұйық органикалық емес радиоактивті қалдықтарды қайта өңдеу бойынша кешеннің жұмыс жобасын әзірлеу. Техникалық тапсырма. – Мәскеу: «РАО-ТЕХ» ЖАҚ, 2002. - 21-22 б.
14. ЖН-350 РҚ сұйық органикалық емес радиоактивті қалдықтарды қайта өңдеу бойынша кешен. 157, 157А, 155 ғимараттары. Жоба. Технологиялық шешімдер. 4 т. 1 б. 1 кітап. - Мәскеу: «МЭТР» ЖАҚ, 2004. - 11-12 б.
15. *Шилов В.П.* // ЖПХ. - 1990. - 63 т. - N2. - 348-353 б.
16. *Крот Н.Н.* // Радиохимия. - 1994. – 36 т. - N1. – 19-24 б.
17. *Shilov V.P.* Investigation on Application of Homogeneous and Heterogeneous Catalysis for Alkaline Waste Treatment: Report PNNL-11623 UC-2030 / V.P. Shilov, A.A. Bessonov, A.Y. Garnov [et al.]. - Richland, Washington (USA): Pacific Northwest National Laboratory, 1997.
18. *Гарнов А.Ю.* // Радиохимия. - 2002. – 44 т. - N5. - 437-442 б.
19. *Селиверстов А.Ф.*// Радиохимия. - 2008. – 50 т. - N1. - 62-65 б.
20. *Рабинович В.А.* Қысқаша химиялық анықтамалық / В.А.Рабинович, З.Я.Хавин. - М.: Химия, 1977. – 376 б.
21. ЖН-350 РҚ сұйық органикалық емес радиоактивті қалдықтарды қайта өңдеу бойынша кешен. 157, 157А, 155 ғимараттары. Жоба. Технологиялық шешімдер. 4 т. 1 б. 1 кітап. - Мәскеу: «МЭТР» ЖАҚ, 2004. – 13 б.

22. *Ампелогова Н.И.*// Ядролық энергетикадағы зарарсыздандыру / Н.И.Ампелогова, Ю.М.Симановский, А.А.Трапезников. - М.: Энергоатом баспасы, 1982. – 256 б.
23. *Никольский Б.П*. Химия анықтамалығы / Б.П.Никольский. 3 т. - М.: Химия, 1966. – 162-163 б.

К ВОПРОСУ ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ РЕАКТОРНОЙ УСТАНОВКИ БН-350

О. Ю. Коровина, С. Н. Лукашенко, В. В. Каширский

Данная статья посвящена технологии переработки жидких радиоактивных отходов (ЖРО), образовавшихся в результате деятельности реакторной установки на быстрых нейтронах (РУ БН-350), расположенной в г. Актау (Казахстан). Работа основана на теоретических расчетах и экспериментальных исследованиях эффективности основных технологических этапов переработки ЖРО РУ БН-350. Экспериментальные исследования проведены на базе лаборатории радиохимических исследований Института радиационной безопасности и экологии и лаборатории инженерной экологии Института ядерной физики Национального ядерного центра Республики Казахстан. Для исследований использовались образцы жидких радиоактивных отходов, отобранные из емкостей на РУ БН-350, а также модельные растворы, имитирующие химический состав ЖРО. В результате работы были сделаны выводы об эффективности технологии переработки ЖРО РУ БН-350.

Ключевые слова: переработка жидких радиоактивных отходов, реактор на быстрых нейтронах, радионуклидный состав ЖРО БН-350, оценка эффективности очистки ЖРО.

ABOUT EFFICIENCY OF PROCESSING TECHNOLOGY FOR LIQUID RADIOACTIVE WASTE FROM BN-350 REACTOR

O. Yu. Korovina, S. N. Lukashenko, V. V. Kashirskiy

This article focuses on liquid radioactive waste (LRW) reprocessing technology for the fast neutron reactor unit (RU BN-350) in the city of Aktau (Kazakhstan). The work is based on theoretical calculations and experimental studies of efficiency performed for the main technological stages of liquid waste processing from BN-350 reactor. Experimental studies were done in the Laboratory of radiochemical research in the Institute of Radiation Safety and Ecology and in the Laboratory of engineering ecology of the Institute of Nuclear Physics under National Nuclear Centre RK. Samples of liquid radioactive waste taken from BN-350 units and model solutions with identical to real LRW were used in the studies. Efficiency of the proposed technology has been assessed based on the performed research.

Keywords: liquid radioactive waste processing, fast neutron reactor, radionuclide composition of RU BN-350 LRW, evaluation of LRW cleaning efficiency.

УДК 577.4:504.75.05:539.16

БҰРЫНҒЫ ӘСКЕРИ АРСЕНАЛ ОРНАЛАСҚАН ТОҚЫРАУ П. АУМАҒЫНДАҒЫ РАДИОАКТИВТІ ЛАСТАНҒАН КӨЗДЕРДІ КӘДЕГЕ ЖАРАТУ

В. Н. Дмитропавленко, А. Ю. Осинцев, О. Ю. Коровина, Е. В. Мұстафина

2001 ж. Қарағанды облысының Ақтоғай ауданында орналасқан, «Арсенал» әскери базасында өрт шығып, соның кесірінен оқ-дәрі қоймаларына зиян келген еді. Өрттен кейін арсеналдың екі құрылысында жоғары радиациялық қауіптілік көздері анықталды. 2006 ж. жою-жабу жұмыстарын жүргізу туралы шешім қабылданды, оған қалыптасқан радиоактивті қалдықтарды кәдеге жарату және оларды көму бойынша жұмыстар енгізілді. Аталған жұмыстарды ҚР Ұлттық ядролық орталығы ҚР Қорғаныс министрлігінің мамандарымен бірлесе отырып жүргізген болатын. Өткізілген жұмыстардың барысында, төтенше жағдайдың нәтижесінде орын алған радиоактивті ластанудың таралу қауіптілігінің алдын алды. Нысанда орналасқан барлық радиоактивті қалдықтар (РАҚ) кәдеге жаратылды және «Байкал» кешеніне ұзақ мерзім бойы сақтау мақсатында орналастырылды. Қорытынды зерттеулер өткізу барысында өткізілген жұмыстардың қауіпсіздігі және қазіргі экожүйеге теріс антропогенді әсер етпегені анықталды.

Радиациялық-қауіпті жұмыстар жүргізу кезінде бұрынғы әскери арсеналдың аумағында радиоактивті ластану көздерін кәдеге асыру бойынша жұмыстарды орындаған қызметкерлер, шамасы нормадан асатын радиоактивті сәулелену дозаларын алған жоқ.

Түйін сөздер: Тоқырау п., «Арсенал», біріктірілген ураннан жасалған оқ-дәрі, радиоактивті ластану, радиоактивті қалдықтар, кәдеге асыру.

КІРІСПЕ

«Арсенал» әскери базасы аумақтық жағынан Қарағанды облысының Ақтоғай ауданында орналасқан. База географиялық жағынан Балқаш бұлағының солтүстік жағалауында, жағалаудан 10 км арақашықтықта орналасқан.

2001 ж. «Арсенал» әскери базасында өрт шығып, оның кесірінен оқ-дәрі қоймасына зиян келген еді. Тоқырау п. қоймаларында сақталған жалпы оқ-дәрі қоры ҚР Қорғаныс министрлігінің ақпараты бойынша бірнеше ондаған мың тоннаны құрады. Бұл снарядтар мен миналар, Ауғанстанда болған соғыс кезінде кеңестік армияның сақтауға қойылған және 1988 ж. Спитакта болған жер сілкінісінен кейін Арменидан жартылай түрде сақталуға шығарылған оқ-дәрілер. Барлық оқ-дәрі кейіннен кәдеге жаратуға белгіленген болатын.

Өрттен кейін арсеналдың екі құрылысында жоғары радиациялық қауіптілік көздері анықталды. Радиоактивті қалдықтарды кәдеге жарату мәселелерін шешу және құрылыстардың аумағы бойында табиғатты қорғау шараларын өткізу үшін ҚР Ұлттық ядролық орталықтың мамандары жұмысқа тартылған болатын. 2006 ж. қыркүйек айында ҚР ҰЯО және ҚР ҚМ мамандары бірлесе отырып №9 және №18 қоймаларында радиациялық зерттеу жұмыстарын жүргізді. Зерттеу барысында келесі жайттар анықталды:

- Қоймада оқ-дәрінің бөлшектері, оқ-дәрінің және оның бөліктерінің түрлі дәрежедегі сақталуы;

- №9 және №18 қоймалар қоршаған орта үшін қауіпті, себебі радиоактивті материалдар ұсақдисперсиялы күйде орын алған және жел арқылы жеңіл таралады.

Қоймалардың ішіндегі радиациялық аясы қомақты түрде (жүздеген еседе) жергілікті жердің табиғи радиациялық аясынан жоғары болды. Беткі қабаттың ластануының рауалы деңгейі, РҚН-99 бекіткен бета-бөлшек ағымының тығыздығынан жоғары [1].

Зерттеу нәтижелері бойынша жою-жабу жұмыстарын жүргізу ұсынылды, оған пайда болған радиоактивті қалдықтарды (РАҚ) кәдеге жарату мен оны көму жұмыстары кіреді. Аталған жұмыстарды ҚР Ұлттық ядролық орталығынының және ҚР Қорғаныс министрлігінің мамандары бірлесе отырып атқарды.

1. НЫСАНДАРДЫҢ СИПАТТАМАСЫ

1.1. Жалпы ақпарат

Оқ-дәрі қоймалары өрт шыққанға дейін жартылай жерге көмілген темірбетонды құрылыстар түрінде болды. Бекіткіш қабырға және жабыны ретінде бір-бірімен бекітілген темірбетонды аркалар пайдаланылды. Қоймадағы еден – бетоннан жасалған. Қойманың ұзындығы – 70 м, ішкі ені – 12 м, биіктігі – 7 м. Әрбір қойманың төбесінде қомақты екітаврды қолдана отырып, электртальді ауыстыру жолдары бекітілген, сонымен қатар өртсөндірудің автоматты жүйесі орнатылған. Жоғары температураның әсерінен екітавр және су беру құбырлары едәуір деформацияланған және кей жерлеріне зақым келген (1-сурет).

1-Сурет. Төбенің металл құрылғылары

Сонымен қатар екі қоймада да төбенің жабу аркаларының ауқымды түрде бұзылуы (құлауы) орын алды. Қойманың аумақтарын зерттеу барысында радиоактивті материалы бар оқ-дәрінің ұштары табылды, сонымен қатар көп мөлшерде оқталған оқ-дәрі анықталды.

1.2. Радиоактивті ластану сипаты

1.2.1. Қойманың аумағында радиациялық параметрлердің таралу сипаты

Радиометриялық зерттеулер жүргізу барысында келесі радиациялық параметрлер өлшенді: эквивалентті доза қуаты (ЭДҚ), β-бөлшек ағымының тығыздығы, эквивалентті тепе-теңдіктің көлемдік белсенділігі (ЭТКБ) қойманың ішіндегі радонның және торонның ыдырауының еншілес өнімдері.

Өлшеу нәтижелерінен құралғаны:

- ЭДҚ 0,13–3,2 мкЗв/сағ диапазонында құбылады;
- β- бөлшек ағымының тығыздығы – 40 -ден 4000 бөлш/(мин·см^2) дейін;
- радонның ЭТКБ ыдырауының еншілес өнімдері – 10 -ден 28 Бк/м^3 дейін;
- радонның ЭТКБ ыдырауының еншілес өнімдері пайдаланған жабдықтың анықтау шегінен асқан жоқ (8 Бк/м^3).

Қойма ішіндегі өзгерістермен қатар, радиоактивті ластануға ұшыраған жақын жатқан аумаққа да радиометриялық зерттеу жұмыстары жүргізілді. Зерттеу нәтижесінде, тек қойма ғана емес, сонымен қатар жақын жатқан аумақтағы 10 га аса жердің де ластануға ұшырағаны анықталды.

Алынған нәтижелерді назарға ала отырып, қойманың ішіндегі радиациялық ая ЭДҚ және β- бөлшек ағымының тығыздығы бойынша жергілікті жердің табиғи радиациялық аясынан жоғары (жүздеген есеге) болды. Жоғары радиациялық ая тек қоймада ғана емес, сонымен қатар қойманың аумағынан 200 м арақашықтықта да тіркелді.

Алынған нәтижелер жіктемелеу жүргізуге және аталған нысанды тұрғындар үшін де және қоршаған орта үшін де радиациялық қауіп төндіретін нысандардың қатарына жатқызуға мүмкіндік берді.

1.2.2. Радиоактивті ластану көздерін талдамалау

№9 қойманың ішіндегітопырақтың радиоактивті ластану деңгейін бағалау жүргізілген жоқ, себебі алдын ала тексеру нәтижелері бойынша аталған қоймада ұшы 30 мм болатын сақталған оқ-дәрінің көбі өртке шалдықпағаны (тотығуға ұшырамағаны) анықталды. Нәтижесінде олар жану өнімдерінен (уран оксидімен) топырақтың радиоактивті ластану көздері бола алмайды. Аталған қоймадағы радиоактивті ластану тікелей оқ-дәрінің 30 мм өзекшелерімен оқталған, олар қойма ішінде оқталған түрде әрқалай шашылған күйінде жарылғаннан кейін термикалық әсерді тудыруына байланысты шартталған.

№18 қойманың ішіндегі топырақтың радиоактивті ластану деңгейін бағалау үшін топырақтың 2 үлгісі алынды және талдамаланды. Бірінші үлгі – 125 мм оқ-дәрінің жану өнімдерінің қалдықтары, олар көліктік тубуста сақталған болатын; екінші үлгі – топырақ, онда оқ-дәрілердің жану өнімдерінің қалдықтары орын алған. Гамма-спектрометриялық талдама нәтижелері төмендегі кестеде келтірілген (1-кесте).

1-Кесте

Гамма-спектрометриялық талдамалардың нәтижелері

Зерттеу нысаны	ЭДҚ, мкЗв/сағ.	Тиесілі белсенділік, Бк/кг	
		^{238}U	^{235}U
Көліктік тубуста сақталған 125 мм оқ-дәрінің жану өнімдерінің қалдықтары	2	$1,7 \cdot 10^5$	$1,7 \cdot 10^3$
Оқ-дәрілердің жану өнімдерінің қалдықтары орын алған топырақ	0,5	$4,7 \cdot 10^4$	$3,2 \cdot 10^3$
Аялық алаң	0,14-0,15	–*	–*
Ескерту: * – радионуклидтерді сәйкестендіру қиындығы олардың деңгейінің төмендігіне байланысты			

Талдамалардың нәтижесіне байланысты, көліктік тубуста сақталған 125 мм оқ-дәрінің жану өнімдерінің қалдықтары және оқ-дәрілердің жану өнімдерінің осы қалдықтары орын алған топырақ жұмыс жасап жатқан қызметкерлерге радиациялық қатер тудыратыны анықталды, ол қатер ағзаға ингаляциялық түсу барысында ішкі және сыртқы сәулелену дозасын қалыптастырады.

Сәулелену дозасының жоғары болуы U радионуклидтерімен шартталған. Басқа табиғи және техногенді радионуклидтер қомақты шоғырлану түрінде анықталған жоқ.

1.2.3. Радиоактивті ластанудың физика-химиялық параметрлерін талдау

1.2.3.1. Радиоактивті нысандардың физикалық параметрлерін зерттеу

Радиоактивті ластанудың физика-химиялық құрамына зерттеу жүргізу үшін зертханаға 30 мм өзекшелер мен 125 мм снарядтардың үлгілері жіберілді. Снарядтың 30 мм өзекшесінің салмағы – 235 г, ал 125 мм снарядтың салмағы – 4,5 кг-ды құрады.

Үлгілер қатты металл өзекше түрінде берілді. 125 мм снарядтың өзекшесі қара түсті, болат құрылғылардың бөліктері бар (артқы бөлігі, ұшы), ұзындығы 470 мм, орта бөлігінің диаметрі 30 мм тұрды (2-суретте көрсетілген). 30 мм снарядтың өзекшесі сұр түсті, беткі қабатында тотығу іздері бар. Снарядтың ұзындығы 110 мм, диаметрі 30 мм құрады (3-сурет пен 4-суретте көрсетілген). Кейбір үлгілерде термикалық әсер ету іздері орын алған, олар: материалдың құрылымының өзгерісі (беткі қабатында ұнтақтәріздес қара түсті заттектің пайда болуы), металдың беткі қабатындағы тотығу іздері (пайда болған сары түсті тұтылған).

2-Сурет. 125 мм снарядтың өзекшелерінің үлгілері

3-Сурет. 30 мм снарядтың үлгісі

4-Сурет. 30 мм снарядтың өзегінің үлгісі

Үлгілердің материалдарының түрлі құрылымы болуы себепті зерттеу нысандарының екі типі анықталды – металл білігі және ұнтақтәріздес қара түсті заттек. Ұнтақтәріздес заттектің ұсақдисперсті құрылымы болды, бөлшектері көзге көрінбейтін мөлшерде, көлемі – 50 мкм төмен болды.

Нысанның екі типі де радионуклидті құрамды анықтау мақсатында гамма-спектрометриялық талдамаға жіберілді. Одан басқа, ұнтақтәріздес заттектің бір бөлігі материалдың изотопты құрамын анықтау мақсатында масса-спектрометриялық талдама жасауға жіберілді. Салмағы 235 г болатын 30 мм өзекшеге және салмағы 4,5 кг болатын 125 мм снарядқа жасалған зертханалық зерттеулердің нәтижелері ^{238}U – ^{234m}Pa және ^{234}Th ыдырау өнімдерінің, сонымен қатар ^{235}U орын алғанын көрсетті. Өткізілген гамма-спектрометриялық талдаулардың нәтижелері төмендегі кестеде келтірілген (2-кесте).

2-Кесте

30 мм өзекшенің және 125 мм снарядтың гамма-спектрометриялық талдаулардың нәтижелері

р/н	^{238}U	^{234}Th	^{234m}Pa	^{235}U
С, Бк/кг	$(1,5\pm0,8)\cdot10^6$	$(1,5\pm0,8)\cdot10^6$	$(1,5\pm0,8)\cdot10^6$	$(9,5\pm3,5)\cdot10^4$

Зерттеліп жатқан үлгілердегі ^{235}U салмақтық құрамы, біздің бағалауымыз бойынша, уранның жалпы мөлшерінің 0,31% құрады. Ядролық физика институтының (Алматы қ.) зертханасында өткізілген, 125 мм жаңып кеткен өзекшесінен жинап алынған ұнтақты бақылаулы түрде өлшеуден байқағанымыз, радионуклидті құрам да, тиесілі белсенділік те бірдей екенін көрсетті (3-кесте).

3-Кесте

125 мм өзекшенің ұнтағының гамма-спектрометриялық талдауларының нәтижелері

р/н	^{238}U	^{234}Th	^{234}Pa	^{226}Ra	^{235}U	^{223}Ra	^{228}Ac
С, Бк/кг	$(1,5\pm0,2)\cdot10^6$	$(1,5\pm0,2)\cdot10^6$	$(1,5\pm0,2)\cdot10^6$	$< 7,0\cdot10^2$	$(1,0\pm0,1)\cdot10^5$	$< 1,0\cdot10^3$	$< 1,3\cdot10^3$

Гамма-спектрометриялық зерттеулердің нәтижелері бойынша, қара түсті ұнтақта және өзекшелерде уранның изотоптарының қоспасы (^{235}U, ^{238}U) және еншілес ыдырау

өнімдері ^{238}U (^{234}Pa және ^{234}Th) бар екенін көрсетті. Тиесілі белсенділік: ^{235}U ~10^5 Бк/кг, ^{238}U ~$1{,}5 \cdot 10^6$ Бк/кг-ны құрады. ^{235}U құрамы үлгілерде салмағы бойынша 0,30%-ны құрайды. Бұл деректер масса-спектрометриялық тәсілмен өткізілген талдамалар нәтижелерімен нақтыланады, ол өз кезегінде уран изотоптарының салмағы бойынша ураннның радионуклидтерге арақатынасы - ^{238}U – 99,72 %, ^{235}U – 0,28 %.

Талдамалардың нәтижелері бойынша, үлгілерде «біріктірілген уран» жатыр, ол артиллерия снарядтарын дайындау барысында қолданылады, себебі оның табиғи құрамы ^{235}U салмағы бойынша шамамен 0,7%-ды құрайды.

1.2.3.2. Радиоактивті нысандардың химиялық параметрлерін зерттеу

Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының зертханасында, Тоқырау п. бұрынғы әскери арсеналдың №9 және №18 қоймаларының аумағынан түскен үлгілерге алдын ала зерттеу жүргізілген болатын.

Топырақтың үлгілеріндегі гамма-спектрометриялық талдамадан, максималды радиациялық параметрлері бар бір нүктеде болмашы мөлшердегі ^{238}U және ^{235}U құрамының орын алғанын көрсетеді. Зерттеліп жатқан үлгілердегі ^{137}Cs техногенді радионуклидінің құрамы 2 Бк/кг-дан аспайды, ол Қазақстан аумағына арналған аялық мәннен төмен.

Үлгілерге гамма-спектрометриялық талдау жасаған соң, зерттеліп жатқан материалдардың мүмкін деген құрамын анықтау мақсатында химиялық талдама жасалды.

Жанған өзекшеден алынған ұнтақ қара түсті үгілгіш заттек, сырттай белсендірілген көмірге ұқсайды. Зерттеліп жатқан заттек ұсақталуға жеңіл икемді және көп жағдайда ұсақ шаң тәріздес фракция ретінде келтірілді. Аталған заттектің химиялық құрамын нақтылау үшін келесі қасиеттері зерттелді:

- суда ерігіштігі;
- қышқылдардағы ерігіштігі (азоттық, фторсутекті (балқымалы), күкіртті, тұздық).

Судағы ерігіштігін анықтау үшін зерттеліп жатқан заттектің өлшемі дистилденген су толтырылған стақанға салынып, тиянақты түрде араластырылады. Белгілі бір уақыт өткен соң ұнтақ стақанның түбінде тұнады. Көзге көрінетін өзгерістер байқалған жоқ. Одан кейін үлгі 1 сағат бойында қыздырылды, көзге көрінетін өзгерістер болған жоқ. Суда ұнтақтың ерітіндісінің жоқ болуы және ерітіндіде, ұнтақта орын алған радионуклидтің өту мүмкіндігін нақтылауға байланысты тұнба «ақ таспа» сүзгішімен сүзгіленді және алынған ерітінді гамма-спектрометриялық талдама жасауға жіберілді. Талдама көзбен байқалғандарды нақтылады. Ұнтақтан табылған радионуклидтер (^{235}U, ^{238}U, ^{234}Pa және ^{234}Th) су сорғысында анықталған жоқ. Осыған байланысты зерттеліп жатқан заттектің судағы әлсіз ерігіштігі жайлы тұжырымдар жасалды.

Аталған ұнтақтың қышқылдарға деген арақатынасын зерттеу үшін негізгі минералды қышқылдарды пайдалана отырып бірнеше тәжірибелер жүргізілді. Талдамалардың нәтижелері төмендегі кестеде келтірілген (4-кесте).

4-Кесте

Негізгі минералды қышқылдарды пайдалану тәжірибесінің нәтижелері

Заттектер	HCl, шоғырл.	HNO_3, шоғырл.	H_2SO_4, шоғырл.		HF, шоғырл.
			суық	ыстық	
Зерттелетін ұнтақ	Әрекет жасамайды	Әрекет жасайды	Әлсіз әрекет жасайды, жасыл-сұр түсті тұнба пайда болады, түссіз газ бөлінеді, реакциясы экзотермиялық	Әрекет жасайды, жасыл-сұр түсті тұнба пайда болады, түссіз газ бөлінеді	Әрекет жасайды, тұнба ериді және жасыл-көк ерітінді пайда болады

Алынған деректерді талдамалаудан, жанып кеткен өзекшеден алынған ұнтақ үлгісінің химиялық құрамына алдын ала тұжырым жасауға мүмкіндік берді. Аталған үлгіде уранның қос тотығының қоспасы бар (уран диоксиді – UO_2 және уранның U_3O_8 тотығы-шала тотығы), олардың пайда болуы артиллерия снарядтарының жану процесіне байланысты орын алған. Оның нәтижесінде, аталған үлгілердің құрамына кіретін уран, көрсетілген оксидтерге дейін тотықты. Әдеби деректер бойынша, уран ауада жанғанда тап осы оксидтер пайда болады [1]. Аталған оксидтердің химиялық құрамы толықтай оның әдебиеттегі қасиетіне сәйкес келеді [2].

Алдын ала гамма-спектрометрде өлшеніп, зақымдалған гильзаның 30 мм снарядының беткі металл қабатының (алынатын, алынбайтын) ластану типін анықтау үшін, оны сабын ерітіндісінде жуды, кептірді одан кейін қайта өлшеді. Зарарсыздандыруға дейін өлшеуден үлгіде ^{234}Ра және ^{235}U құрамы анықталды, зарарсызданған соң аталған радионуклидтер табылған жоқ.

Бұрынғы әскери арсеналдың № 9 және № 18 қоймасының аумағынан түскен үлгілердің физика-химиялық қасиетіне шолу жасауда, аталған жағдайда жанған өзекшеден алынған қара ұнтақ негізгі қатерді тудыратынын көрсетті. Біріккен уранның сынамасында диоксид және тотығу-шала тотығу түрінде болуына байланысты екі мәселе туындайды: бір жағынан – радиация, екінші жағынан – уыттылық. Ұсақ шаң тәріздес фракцияның орын алуы аталған жағдайды ушықтырады.

Зақымдалған снарядтардың металл беткі қабатында алынып тасталатын ластанудың орын алуы аталған материалдарды зарарсыздандырудың шынайы мүмкіндігін береді, ал уранның қосындыларының суда нашар еру фактісі сүзгілеу тәсілі арқылы шаймалы суларды тазалауға мүмкіндік береді. Түзілген қатты радиоактивті қалдықтардың көлемі аздау және ықшамдау болады.

Осылайша, зерттелген үлгілер артиллерия снарядтарының өзекшелері болып табылады. Аталған үлгілер термикалық әсерге ұшырады, нәтижесінде материалдың құрылымының өзгерісі орын алды. Қосымша зерттеу нысаны– қара ұнтақ пайда болды. Гамма-спектрометриялық зерттеулер көрсеткендей, өзекшелердің және қара ұнтақтың радионуклидті құрамы бірдей және уран изотоптарының қосындысын құрайды. ^{235}U салмақтық құрамы уранның жалпы құрамынан 0,3% құрады, бұл үлгілердің материалын «біріктірілген» уран түрінде жіктемелейді.

1.3. Ластанған материалдардың көлемі және оны санаттандыру

1.3.1. Оқ-дәрілер

Қазақстан Республикасының Қарулы Күштердің оқ-дәрілердің бас басқармасы ұсынған деректер бойынша, 89533 әскери бөлімде (Тоқырау п.) сақтауға арналған 125 мм калибрлік бронбұзғыш және 30 мм атылатын бронбұзғыш оқ-дәрілер тұрды.

30 мм снарядтың қоңыр-сұр түсті уранның металл ұшы бар уранның сары-жасыл түсті тотығының іздері бар үлгісін құрайды. Кейбір ұштары сүйір ақ түсті. Көзбен шолуды бағалау барысында аман қалған оқтың ұштарының бірнеше мөлшері табылды және снарядтардың көп бөлігі бұзылғаны анықталды, ал металл ураннан жасалған ұштары шашылып, орағыш материалдармен (металл тубтар, жәшіктердің бекіткіші және басқалары), сонымен қатар топырақпен де араласқаны анық болды. Оқ-дәрілердің 30 мм аса ұштарының түрлі типтері топырақтың беткі қабатында қоймадан 50 м радиустағы аралықта кездесті.

Байқаулардың нәтижелері бойынша № 9 және № 18 қоймаларда 30 мм оқталған және жарылған оқ-дәрілердің және олардың ұштарының көп мөлшері орын алды.

Уранды 30 мм ұштарында табылған ЭДҚ шамамен 6 мкЗв/сағ., оқтардың ұштарындағы β-бөлшек ағымының тығыздығы $5 \cdot 10^3$ бөлш/(мин·см^2) құрады.

89533 әскери бөлімінің 30 мм бронбұзғыш атуға арналған снарядтар саны 101936 дананы құрады. Олардың тактикалық-техникалық сипаттамалары:

- атылу массасы – 0,853 кг;
- лақтырылатын зарядтың массасы – 0,127 кг;
- толық оқталған снарядтың массасы – 0,4 кг.

Осылайша, 30 мм атуға арналған бронбұзғыш атылудың жалпы массасы 12946 кг-ды құрады.

ЭДҚ бойынша 30 мм снарядтар I топтың төменактивті РАҚ жатады, ол ТҚеСЕж/еРҚС РҚЖҚСҚТ [3] және РҚПСЕ-97 сәйкес [4] (тиісінше [4], төменактивті РАҚ гамма-сәулелену дозасының аясы 0,001 мГр/сағ. –тан 0,3 мГр/сағ.-қа дейін (аталған аумақ үшін ЭДҚ аялық деңгейі 0,13-0,15 мкЗв/сағ. құрайды), тиісінше [5] қалдықтардың I тобына ЭДҚ 0,3 мЗв/сағ.) болатын заттектер жатады. β-бөлшек ағымының тығыздығы бойынша аталған оқ-дәрілер төменактивті РАҚ жатады, ол РҚЖҚСҚТ сәйкес[4] (тиісінше [4], төменактивті β-бөлшек ағымының тығыздығы $5 \cdot 10^2$-ден 10^4 бөлш/(мин·см^2) дейінгі қалдықтарға жатады).

125 мм калибрасты бронбұзғыш оқ-дәрілер № 18 қоймада ғана сақталды. Кейбір көліктік тубустардың ішінде оқ-дәрілердің жанып кеткен өзекшелері болды, сонымен қатар өзекшелер металл бұйымдардың жалпы массасында да орын алды.

30 мм снарядтың үлгісіне қарағанда, 125 мм снаряд өте қатты термикалық әсерге ұшырады, соның әсерінен өзекше жану барысында тотығу процесінің әсерінен жартылай немесе толықтай бұзылды. Өзекшенің жануы нәтижесінде уранның қос тотығының қоспасы пайда болды (уран диоксиді – UO_2 және U_3O_8 уранның тотығуы-шала тотығуы), олар қара түсті ұнтақ тәріздес түрде орын алды.

Өзекшенің беткі қабатындағы ЭДҚ 14 мкЗв/сағ жетті, β-бөлшек ағымының тығыздығы – $5 \cdot 10^3$ бөлш/(мин·см^2) құрады.

89533 әскери бөлімнің калибрасты бронбұзғыш 125 мм оқ-дәрісінің жалпы мөлшері 6245 дананы құрады. Олардың тактикалық-техникалық сипаттамалары:

- атылу массасы – 20,43 кг;
- лақтырылатын зарядтың массасы – 8,86 кг;
- толық оқталған снарядтың барлық массасы – 7,05 кг.

Осылайша, 125 мм атуға арналған калибрасты бронбұзғыш оқ-дәрісінің жалпы массасы 44027 кг-ды құрады.

ЭДҚ бойынша 125 мм снарядтар I топтың төменактивті РАҚ жатады, ол ТКеСЕж/еРҚС РҚЖҚСҚТ [4] және РҚПСЕ-97 сәйкес [5]. β-бөлшек ағымының тығыздығы бойынша снарядтар төменактивті РАҚ жатады, ол РҚЖҚСҚТ сәйкес [4].

Оқ-дәрі бойынша жиынтық ақпарат төмендегі кестеде келтірілген (5-кесте).

5-Кесте

Оқ-дәрі бойынша жалпы ақпарат

Оқ-дәрінің түрі	мөлшері	Массасы, кг			Белсенділігі, Ки	
		снарядтың	^{235}U*	^{238}U*	^{235}U	^{238}U
30 мм бронбұзғыш ату	101936	0,127	40,13	12905,74	0,09	4,34
125 мм калибрасты бронбұзғыш	6245	7,05	136,48	43890,77	0,29	14,76
Жиынтық мәні		57000	176,6	56796,51	0,38	19,1
Ескерту * – зертханалық зерттеулердің нәтижелері бойынша, уран изотопының оқ-дәрілердегі арақатынасы шамамен 99,69% ^{238}U және 0,31% ^{235}U салмағы бойынша құрайды						

30 мм бронбұзғыш және 125 мм калибрасты бронбұзғыш атылуының жиынтық массасы ~ 57000 кг-ны құрайды. Алғашқы орам тәсілін ескере отырып, РАҚ көлемі шамамен 85 м^3 құрайды.

1.3.2. Радиоактивті-ластанған топырақ

№ 9 Қойма

Қойманың батыс бөлігіндегі топырағының көлемі шамамен 250 м^3, шығыс бөлігінде – 370 м^3 тең болды. Қойманың үйіндісіндегі топырақтың жалпы көлемі 720 м^3 құрады.

Гамма-спектрометриялық зерттеулердің нәтижелері бойынша, ^{238}U құрамы топырақта 10^4 Бк/кг-нан асқан жоқ, бұл РАҚ деп есептелмейді және СанЕж/еН сәйкес, пайдаланылуы шектеулі материалдарға (ПШМ) жатады [5]. Алдын ала бағалау бойынша, ПШМ санатына топырақтың шамамен 10% жатқызылды, басқаша айтқанда ~70 м^3.

№ 18 Қойма

Қойманың батыс бөлігіндегі топырағының көлемі шамамен 80 м^3, шығыс бөлігінде – 540 м^3 тең болды. Үйіндідегі топырақтың жалпы көлемі 620 м^3 құрады.

№ 18 қоймада, 30 мм снарядтан басқа, 125 мм снарядтар да сақталған болатын, олардың жану және бүліну нәтижесінде топырақтың беткі қабатының радиоактивті ластануына алып келді. ЭДҚ өлшенген мәні бойынша, аталған топырақ РАҚ жатпайды.

Құрамы бойынша U^{238} –радиоактивті қалдықтарға жатады, себебі белсенділік мөлшері, РҚН-99 рауалы шегінен ТБММ 4 есе жоғары (10000 Бк/кг). Алдын ала бағалау бойынша РАҚ санатына шамамен топырақтың жалпы көлемінің 20% түскен, басқаша айтқанда ~120 м^3 (топырақтың беткі қабатының бөлігі, жанған оқ-дәрінің өнімдерімен араласқан), ПШМ санатында – 25%, басқаша айтқанда ~150 м^3 құрайды.

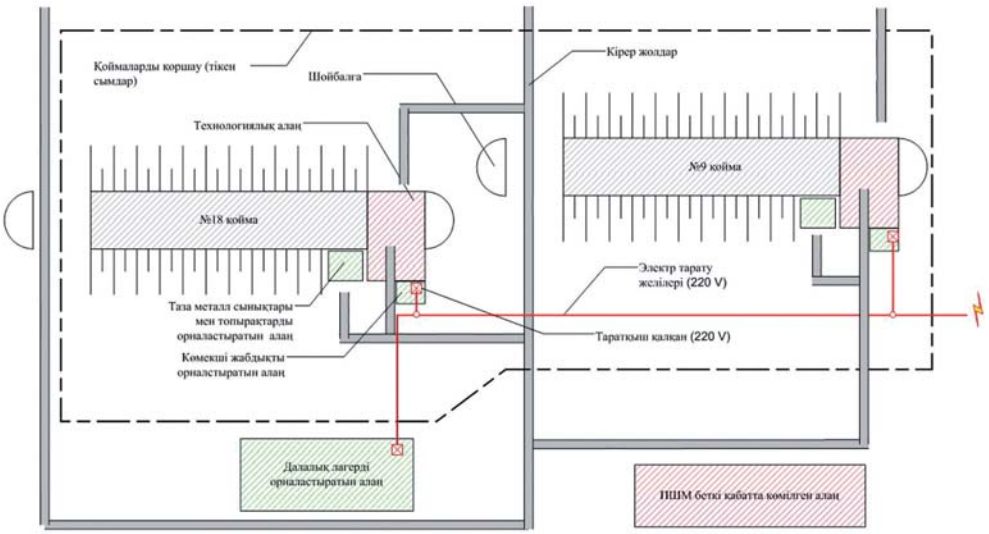
1.3.3. Металл бұйымдар

Металл бұйымдардың көлемі (көліктік тубустар, оқ-дәрінің жарықшақтары және басқалары) № 18 қоймасында, бағалау бойынша, 370 м^3, № 9 қоймада – 180 м^3 жетуі мүмкін. Зерттеу нәтижелері бойынша анықталғаны, металл бұйымдардың көп бөлігі тазалаудан соң шектеусіз пайдаланылатын материалдарға жатады және тапсырыс берушіге одан әрі кәдеге жаратуға берілді. Ластанған металл бұйымдардың бір бөлігі алдын ала бағалау бойынша 5 % аспауы тиіс және ПШМ санатына жатады. Олардың болжамды көлемін бағалау бойынша 30 м^3 аспауы тиіс

2. РАҚ КӘДЕГЕ ЖАРАТУ БОЙЫНША ЖҰМЫСТАРДЫ ӨТКІЗУ

Жұмыстар әзірленген жоспарға сәйкес жүргізіліп отырды. Жұмыс жоспары бойынша қоршаған ортаға әсер етуді бағалау жұмысы жүргізілді, оған тәуелсіз экологиялық сараптама қорытындысы және бақылау органдарында: ҚР Қоршаған ортаны қорғау министрлігінде және Атом энергетикасы жөніндегі комитетте келісімдеу жұмыстары жүргізілді.

Жұмыстарды іске асыру үшін жергілікті орында лайықты инфрақұрылымы бар далалық лагерь орнатылды (5-сурет, 6-сурет). Жұмыстар кезең бойымен 2 жыл бойында жүргізілді. Олар жақын жатқан аумақтан шашылған радиоактивті оқ-дәрілерді жинау және кәдеге жарату жұмыстарын жүргізуден басталды. Одан кейін № 18 және № 9 қоймаларының аумақтарын жинау және тазалау жұмыстары жүргізілді. Жұмыс аяқталған соң қоймаларда да, сонымен қатар жақын жатқан аумақтарда да радиоэкологиялық зерттеу жұмыстары жүргізілді. Барлық жұмыс Қорғаныс министрлігінің мамандарымен бірлесе отырып жүргізілді. Қорғаныс министрлігінің мамандары жұмыстарды өткізу барысындағы жарылыс қауіпсіздігін, ауыр техниканы пайдалана отырып үйінділерді аршу, нысанның инфрақұрылымының жұмысы бойынша жұмыстарды өткізуді қамтамасыз етті. Айта кету керек, ол жерде оқталған оқ-дәрілердің үлкен көлемі болғандықтан, РАҚ алу және кәдеге жарату бойынша барлық жұмыстар әскери саперлардың әрдайым ілесе отырып жұмыс жасауы арқылы іске асты (7-сурет).



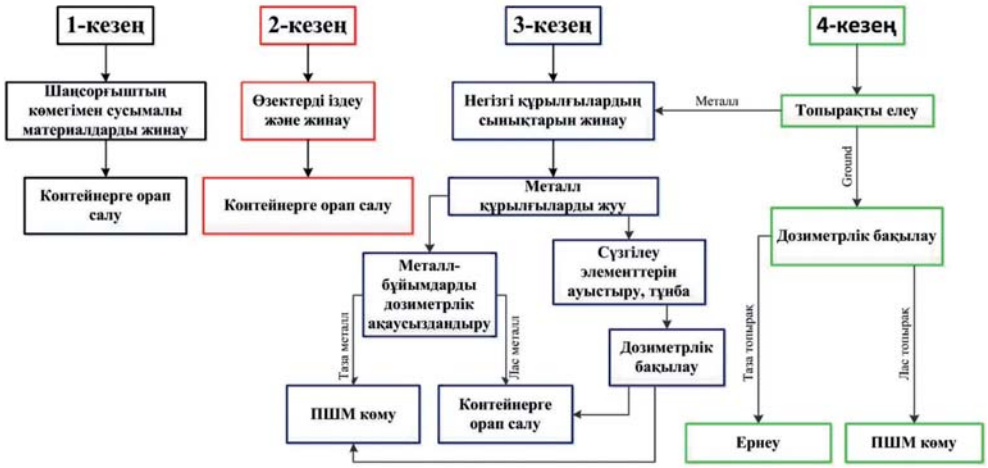
5-Сурет. Технологиялық алаңдар мен далалық лагердің орналасу сұлбасы

6-Сурет. Технологиялық алаңдар мен далалық лагердің көрінісі

7-Сурет. Әскери маман сапердің жұмысы

2.1. РАҚ алу технологиясы

Өткізілген зерттеулердің негізінде радиоактивті қалдықтарды алу технологиясы әзірленді. РАҚ алу төмендегі сұлбада көрсетілген төрт кезең бойынша жүргізілді (8-сурет).



8-Сурет. РАҚ кезең бойынша алудың блок-сұлбасы

1 кезең – сусымалы РАҚ жинау.

Сусымалы радиоактивті материалдарды жинау өнеркәсіптік шаңсорғышты пайдалана отырып қойманы тазалу бойынша жұмыстардың алға жылжуына орай жүргізілді. Толтырылған сүзгілеу пакеттері РАҚ жинауға арналған контейнерге орналастырылды.

2 кезең – радиоактивті қалдықтарды іздестіру және жинау.

Үйінділерді аршу барысында арнайы металл манипуляторлары (қысқаштар) бар радиоактивті бөлшектерді (оқ-дәрілердің өзекшелерін) жинау және іздестіру жұмыстары жүргізілді. Дозиметрлік бақылау алаңына дейін тасымалдау және РАҚ контейнерлерге тиеу жұмыстары темір шелектермен жасалды. РАҚ жататын, радиоактивті бөлшектер, алғашқы қорапқа салынып, РАҚ жинайтын контейнерге орналастырылды. ПШМ жататын, бөлшектер, ПШМ орналасқан алаңда орналастырылды.

3 кезең – радиоактивті емес металл бөлшектерін жинау.

Бұл кезең бірнеше қосымша кезеңдерден тұрды:

- 125 мм калибрасты оқ-дәрілердің көліктік тубустарын жинау;
- радиоактивті емес басқа бөлшектерді жинау;
- ластанған металл бөлшектерді жинау.

Қоймалардың үйінділерін аршу барысында құрамында радиоактивті материал бар (жанып кеткен оқ-дәрілердің қалдықтары), көліктік тубустарды жинау жұмыстары жүргізілді. Тубустардан жиналған радиоактивті материал алғашқы қорапқа салынып, РАҚ жинауға арналған контейнерге орналастырылды. Басқа металл радиоактивті емес бөлшектер (қойманың құрылысының бөліктері, радиоактивті емес оқ-дәрілердің жарылмаған бөліктері және басқалары) дозиметрлік бақылау алаңына дейін тасымалданды.

Дозиметрлік бақылау алаңында металл құрылғылардың радиациялық ластануының орын алуына бағалау жұмыстары жүргізілді. Радиоактивті ластану анықталмаса, бөлшектер қарапайым тәсілмен кәдеге жаратылды, егер де

радиоактивті ластану орын алса, металл бөлшектер зарарсыздандырылды. Егер металл құрылғыларының бөлшектері зарарсыздандыруға келмейтіндей жағдай болса, онда РАҚ жататын радиоактивті бөлшектер алғашқы қорапқа салынып, РАҚ жинайтын контейнерге орналастырылады. ПШМ жататын бөлшектер, ПШМ орналасатын алаңға орналастырылды.

Радиоактивті ластану орын алған, құрылыстың металл бөлшектері мен құрылғылары радиоактивті материалдан арнайы берілген және жабдықталған алаңда тазаланудан өтті. Жиналған металл элементтер арнайы жуғышқа салынып (9-Сурет), ол жерде жоғары қысымды аппаратты пайдалана отырып зарарсыздандыру жұмыстары жүргізілді.

9-Сурет. Металл бөлшектерін зарарсыздандыру

Шашыраудың және судың ағуының алдын алу мақсатында жуғыштың астында металл жиектеме орнатылып, оған пластик перделер бекітілді. Су металл құрылғыларын зарарсыздандырудан соң сүзгілеу элементтері (қиыршық тас, құм немесе сүзгілеу материалы) арқылы тазалаудан өтіп, жіңішке тазалаудан соң қайта жуу ыдысына жетеді. Бұл арқылы судың тұйық циклы қамтамасыз етілді. Қайта айналатын сұйықтықтағы радионуклидтердің шоғырлануын бақылау үшін судағы радиоактивтіліктің тиесілі белсенділігін анықтау жұмыстары жүргізілді. Сүзгілеу ыдысының бітелуі мен судың тұндырғышы толған сайын тазалау, сонымен қатар олардың толтырғыштарын және сүзгілеуші элементтерді ауыстыру жұмыстары жүргізіліп отырды. Тұнбалар мен сүзгілеу элементтері дозиметрлік бақылаудан өтіп отырды. Олар РАҚ сүзгілеу элементтерінің материалдарына өткізген жағдайда, олар алғашқы қорапқа салынып, РАҚ жинайтын контейнерге орналастырылды, басқаша айтқанда – ПШМ орналасқан алаңға орналастырылды.

4 кезең – топырақта радиоактивті материалдардың орын алуын бақылау.

Металл бөлшектерді жинау бойынша жұмыстар өткізілген соң виброситті қолдана отырып топырақты елеу жұмыстары жүргізілді және топырақ қойманың шегінен шығарылған жоқ. Аталған процедура топырақта радиоактивті бөлшектердің

(оқ-дәрілердің өзекшелері) қалмағанына кепілдік берді. Топырақты елеу виброситтің көмегімен торша арқылы (ұяшық ~0,8-1 см) жүргізілді, ол көлемі >0,8-1 см болатын металл бөлшектерді жинау және елеуді қамтамасыз етті. Топырақ қолмен виброситтің қабылдағыш бункері арқылы берілді. Еленген металл бөлшектер дозиметрлік бақылау алаңына жеткізілді, ол жерде радиациялық ластанудың орын алуын бақылау жұмыстары жүргізілді. Еленген топырақ радиоактивті ластануды тексеру үшін дозиметрлік бақылауға алынды. Егер, радиоактиві ластану орын алмаған жағдайда, бөлшектер ҚМ өкіліне одан әрі оны қарапайым тәсілмен кәдеге асыру үшін тапсырылды (10-сурет), егер радиоактивті ластану бар болса, онда оны санаттандыру жұмысы жүргізілді. РАҚ жататын топырақ, алғашқы қорапқа салынып, РАҚ жинайтын контейнерге орналастырылды. ПШМ-ға жататын қалдықтар, ПШМ орналасқан алаңға орналастырылды.

10-Сурет. ҚМ өкіліне беруге дайындалған таза металл сынықтары

11-Сурет. Көліктік буып-түюдің түрі

2.2. РАҚ тасымалдау және буып-түю

Алу жұмыстарын өткізу барысында, РАҚ алғашқы қорапқа буып түйілді және көліктік буып-түюге орналастырылды (11-сурет).

РАҚ тасымалдау Тоқырау п. – Курчатов қ. бағыты бойынша ҚР талаптарына сәйкес автомобиль көлігімен жүргізілді. Тасымалданғаннан кейін РАҚ бар көліктік буып-түйілген ыдыс ҚР ҰЯО Атом энергиясы институтының «Байкал» кешеніне ұзақ мерзімде сақталу үшін орналастырылды (Курчатов қ.). Бұл кезең бойында барлығы РАҚ тасымалдау бойынша 30-дан аса рейс жасалды. Ұзақ мерзімге сақталуға орналастырылған РАҚ көлемі 330 $м^3$ құрады.

2.3. Жұмыстарды өткізу барысындағы РҚ қамтамасыз ету

№9 және № 18 қойманың аумағында радиоактивті ластану көздерін кәдеге жарату бойынша жұмыстарды жүргізу қызметкерлер үшін шынайы радиациялық қатерге байланысты болғандықтан, бұл жұмыстар радиациялық-қауіптілер класына жатқызылды. Бұл негіздеме бойынша қызметкерлердің радиациялық қауіпсіздігін қамтамасыз ету бойынша шаралар және жеке дозиметрлік бақылау жасау бойынша шаралар әзірленді.

Жұмыстардың барысында қызметкерлер – ағзаға радионуклидтердің ингаляциялық жолмен түсуі барысында сыртқы және ішкі, аралас радиоактивті сәулеленуге

ұшырады. Сыртқы сәулеленудің негізгі көзі болып гамма-сәуле шығарушы радионуклидтер (^{238}U, ^{235}U, ^{234}Th, ^{234}Pa), ішкі сәуленеудің – ұсақдисперсті бөлшектер және аэрозолдар, α- және β-сәуле шығарушы радионуклидтер (^{238}U, ^{235}U, ^{234}Th, ^{234}Pa) табылды. Жұмыстар жүргізу барысында қызметкерлерге әсер ететін барлық сәуле түрлері ескерілді, олар сыртқы және ішкі сәулеленудің барлық көзінен жиынтық дозасын төмендетін шектеулі рауалы деңгейден аспайтын немесе сәулеленетін тұлғалардың сәйкес санаттарына арналған дозаның шегінен аспайтын деңгейге дейін қорғаныс шаралары қарастырылды. Ауаның радиоактивті заттектермен ластануы жағдайында жұмыс жүргізу барысында қызметкерлер бір реттік арнайы киімдермен қамтамасыз етілді, тыныс алу мүшесін қорғауға арналған арнайы сүзгілеуші немесе оқшаулағыш құралдармен жабдықталды (12-сурет). Радиациялық бақылауға жұмыс алаңындағы және қоймалардағы радиациялық жағдайды бақылау және ұйымдастыру жұмыстары кірді.

12-Сурет. Жеке қорғанудың қосымша құралдарын пайдалана отырып жұмыс жасау

13-Сурет. Дозаның тиесілі белсенділігі мен қуатын анықтау

Өткізіліп жатқан жұмыстарға байланысты радиациялық бақылаудың төмендегі номенклатурасы тағайындалды:

- гамма-сәуле шығару дозасының қуатын өлшеу, қоймадағы α-бөлшек және β-бөлшек ағымы тығыздығының иондық сәулеленуін өлшеу;
- жұмыс істеудің беткі қабаттарын, жабдықтарды, көлік құралдарын, жеке қорғаныс құралдарын, тері қабаттарын және қызметкерлердің киімдерінің радиоактивті заттектермен улану деңгейін өлшеу;
- гамма-сәулешығарушы қатты радиоактивті қалдықтардың дозасының қуаты мен тиесілі белсенділігін анықтау (13-сурет).

Бұл параметрлердің негізінде жұмыс аймағындағы қызметкерлердің дозалық жүктемесіне болжамдық баға берілді. Жұмыс аймағының, жабдықтардың, жарақтандырудың, көлік құралдарының радиоактивті ластануын бақылау тасымалданбалы аспаптардың көмегімен және жағындыларды алу әдісімен тура өлшеу арқылы іске асты.

Қызметкерлердің сәулеленуін жеке бақылауға енетіндер:

- тері жамылғылары мен жеке қорғаныс құралдарының ластануына радиометриялық бақылау;

- бета- және гамма-сәуле шығаруды пайдалана отырып жинақтау түріндегі жеке дозиметрлердің сыртқы дозаларды бақылауы (ТЛД). Ластанған телімдерде жұмыс істеу барысында қызметкерлер қосымша түрде тура көрсететін дозиметрлермен қамтамасыз етілді;
- U изотоптарының ішкі түсуін несептегі құрамы бойынша анықтау.

Бета- және гамма-сәуле шығарудың сыртқы сәулелену дозаларының нәтижелері бойынша, жою жұмыстарын жүргізу барысында алынған дозалар 0,3 -ден 2,4 мЗв/жыл дейінгі аралықта жатыр. Алынған дозалар РҚН-99 қызметкерлері үшін белгіленген дозалардан едәуір төмен (~8 есе).

Ішкі сәулелену дозасын бақылау, ағзаға уранның түсу мүмкіндігі әдістемені пайдалана отырып, ICP-MS әдісімен қызметкерлердің несептерінің сынамасын талдау арқылы жүргізілді [1]. Зерттелген несептің сынамасындағы уранның құрамы 0,06-1,9 мкг/л шегінде жатыр. Орташа құрамы 1,4 мкг/л-ды құрады, ішкі сәулеленудің жылдық күтілген дозасы – 0,2 мЗв, бұл РҚН-99 қызметкерлеріне бекітілген, доза шегінен 100 есе төмен. $^{235}U/^{238}U$ арақатынасы 0,0072 құрады, бұл изотоптардың табиғи арақатынасына жақын. Бұл дерек бойынша аталған жағдайда біз табиғи уранды тіркедік, ол ағзаға табиғи жолмен (тағаммен, сумен және басқа) енген, біріктірілмеген (техногенді) уранның изотопты арақатынасы 0,003 (жұмыстар жүргізілген) болатын және жұмыстар жүргізу барысындағы ингаляциялық жолмен радионуклидтердің ішкі түсуін көрсетеді.

Осылайша, қызметкерлердің радиациялық қауіпсіздігін қамтамасыз ету бойынша шараларды өткізу барысында жұмыстарды жүргізу сыртқы сәулеленудің жоғары дозасын алуды болдырмауға және ингаляциялық жолмен де радионуклидтердің ішкі түсуін болдырмауға мүмкіндік берді.

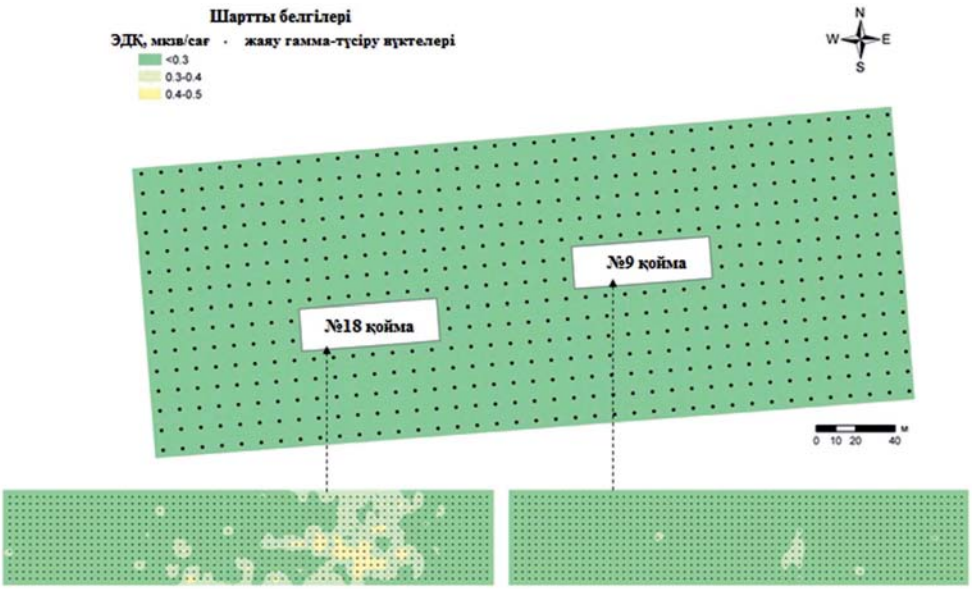
3. ҚОЙМАЛАРДАҒЫ ЖӘНЕ ІРГЕЛЕС АУМАҚТАҒЫ ҚАЗІРГІ УАҚЫТТАҒЫ РАДИАЦИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙ

Өткізілген жою-жабу жұмыстарын жүргізу барысында, пайда болған радиоактивті қалдықтарды кәдеге асыру және көму, сонымен қатар қоймалардың аумағындағы және іргелес аумақта радиациялық жағдай қалыпты деңгейге дейін қалпына келтірілді. Қоймалардың аумағындағы және іргелес аумақтағы ЭДҚ таралудың жұмыстар өткізілгеннен кейінгі нәтижесі төмендегі суретте көрсетілген (14-сурет).

Зерттеліп жатқан аумақтағы ЭДҚ мәнінің аралығының құрағаны:

- Қоймаға жақын жатқан аумақта – 0,18 -ден 0,24 мкЗв/сағ. дейін;
- № 9 қойманың аумағында – 0,18 -ден 0,29 мкЗв/ сағ. дейін;
- № 18 қойманың аумағында – 0,15 -ден 0,45 мкЗв/ сағ. дейін.

Іргелес аумақта ЭДҚ 0,24 мкЗв/ сағ. аспайды. №18 қоймадағы ауқымды телімде ЭДҚ жоғарғы деңгейі, еденнің бетон құрылымына бекітілген, уранның жанғыш өнімдерінің қалдықтарының болуына байланысты шартталған. Бұл құрылғылардың тиесілі белсенділігі радиоактивті қалдықтардың деңгейінен төменде жатыр және еш қатер төндірмейді. Құрылғылар ҚМ өкілдігіне одан әрі бөлшектеу үшін және қарапайым тәсілмен кәдеге жарату үшін жіберілді.



14-Сурет. Қойманың аумағындағы және іргелес аумақтағы ЭДҚ таралуы

ҚОРЫТЫНДЫ

Жұмыстарды өткізу нәтижесінде, 89533 әскери бөлімінің (Тоқырау п.) аумағында болған төтенше жағдайлардан кейін пайда болған радиоактивтілікті ластанудың таралу қауіптілігінің алды алынды. Нысанда болған барлық радиоактивті қалдықтар ҚР ҰЯО Атомэнергиясы институтының «Байкал» кешенінде (Курчатов қ.) ұзақ уақыт бойында орналастырылды және кәдеге асырылды.

Жұмыстарға дейін және кейін іріктеп алынған сынамаларға жасалған спектрометриялық зерттеулерді талдамалау барысында және радиологиялық зерттеу нәтижелері бойынша, № 18 және № 9 қоймалардың аумағында және оған жақын жатқан аумақта радиациялық қауіптілік жойылды деп түйіндеуге болады. Жақын жатқан аумақтардағы ЭДҚ 0,24 мкЗв/сағ. аспайды. № 18 қойманың ауқымды теліміндегі ЭДҚ жоғарғы деңгейі еденнің бетон құрылымына бекітілген, уранның жанғыш өнімдерінің қалдықтарының болуына байланысты шартталған. Бұл құрылғылардың тиесілі белсенділігі радиоактивті қалдықтардың деңгейінен төменде жатыр және еш қатер төндірмейді. Нысанға қорытынды зерттеу жүргізу барысында өткізілген жұмыстардың қауіпсіздігі және орын алған экожүйеге антропогенді әсер етудің теріс әсері жоқ екені анықталды.

Құрылғылар ҚМ өкілдігіне одан әрі бөлшектеу үшін және қарапайым тәсілмен кәдеге жарату үшін жіберілді.

Радиациялық-қауіпті жұмыстар өткізу барысында, бұрынғы әскери арсеналдың аумағында радиоактивті ластану көздерін кәдеге жарату бойынша жұмыстарды

орындаған қызметкерлер, РҚН-99 сәйкес нормаланатын шамадан асатын, радиоактивті сәулелену дозасын алған жоқ.

ҚР ҰЯО жұмыстарды жүргізу барысында көрсеткен көмегі үшін Қорғаныс министрлігіне үлкен алғысын білдіреді. Ерекше түрде – генерал-майор М. К. Даировқа, полковник Ж. Ж. Уркеновке, подполковник Е. А. Коноваловқа, подполковник Ш. Ж. Казиевке және подполковник Ж. Ш. Омаровқа өз алғыстарын жолдайды.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. Радиациялық қауіпсіздік нормалары (РҚН-99), СП 2.6.1. 758-99. Ресми басылым. – Алматы, 2000. – 80 б.
2. *Громов Б.В.* Уранның химиялық технологиясына кіріспе /Б.В. Громов. - М.: Атомбасылым, 1978. - Б. 228-240.
3. *Несмеянов А.Н.* Радиохимия / А.Н. Несмеянов. - М.: Химия, 1978. - С. 285-286, 290-299, 300.
4. Химиктің анықтамалығы. Органикалық емес және органикалық қосылыстардың негізгі қасиеттері. –Т 2.– Л.-М.: Химия, 1964. – Б. 232-235.
5. Радиоактивті қалдықтарды жинау, қайта өңдеу және сақтаудағы қауіпсіздік талаптары (ЖҚСҚТ-2003). - Алматы, 2003.
6. Радиоактивті қалдықтарды пайдалану барысындағы санитарлық ережелер (РҚПСЕ-97), № 5.01.011-97 от 12.09.97.
7. «Радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету бойынша санитарлық-гигиеналық талаптар»: Санитарлық ережелер және нормалар, 2003.
8. МУК 4.1.1483-03. Бақылау әдістері. Химиялық факторлар. Химиялық элементтердің құрамын диагностикаланатын биосубстраттарда, препараттарда және биологиялық белсенді қоспаларда масса-спектрометрия әдісімен және индуктивті байланысқан аргонавты плазмамен анықтау. – 26 б.

УТИЛИЗАЦИЯ ИСТОЧНИКОВ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ БЫВШЕГО ВОЕННОГО АРСЕНАЛА В П. ТОКРАУ

В. Н. Дмитропавленко, А. Ю. Осинцев, О. Ю. Коровина, Е. В. Мустафина

В 2001 г. на военной базе "Арсенал", расположенной в Актогайском районе Карагандинской области, произошел пожар, вследствие которого пострадали склады с боеприпасами. После пожара в двух сооружениях арсенала были обнаружены источники повышенной радиационной опасности. В 2006 г. было принято решение о проведении ликвидационно-консервационных работ, включающих утилизацию образовавшихся радиоактивных отходов и их захоронение. Данные работы были проведены Национальным ядерным центром РК совместно со специалистами Министерства обороны РК. В результате проведения работ была исключена опасность распространения радиоактивного загрязнения, образовавшегося в результате чрезвычайной си-

туации. Все имеющиеся на объекте радиоактивные отходы (РАО) утилизированы и размещены на длительное хранение на комплексе "Байкал". В результате заключительного обследования подтверждена безопасность проведенных работ и отсутствие отрицательного антропогенного воздействия на существующую экосистему. За все время проведения радиационно-опасных работ персонал, выполнявший работы по утилизации источников радиоактивного загрязнения на территории бывшего военного арсенала, не получил дозы радиоактивного облучения, превышающей нормируемые величины.

Ключевые слова: п. Токрау, "Арсенал", боеприпасы из обедненного урана, радиоактивное загрязнение, радиоактивные отходы, утилизация.

UTILIZATION OF SOURCES OF RADIOACTIVE CONTAMINATION AT FORMER MILITARY ARSENAL IN TOKRAU SETTLEMENT

V. N. Dmitropavlenko, A. Yu. Osintcev, O. Yu. Korovina, E. V. Mustafina

In 2001, the military base “Arsenal” located in Aktogay area, Karaganda region, suffered from a fire. As a result the ammunition depots were damaged. The sources of high radioactive danger were detected in two storages of the arsenal. In 2006, the decision was made to carry out the elimination-conservation activities including utilization of generated radioactive wastes and their disposal. These activities were implemented by National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan and specialists of the Ministry of Defense of the Republic of Kazakhstan. As a result, the danger of radioactive contamination distribution was eliminated. All the radioactive wastes located at the site were utilized and placed for long-term storage at the complex “Baikal”. Final survey of the site confirmed safety of the conducted activities and elimination of negative man-made influence on the existing ecosystem. During implementation of the activities the personnel involved didn’t receive radiation doses exceeding the prescribed limits.

Key words: Tokrau settl., “Arsenal”, ammunition made of depleted uranium, radioactive contamination, radioactive wastes, utilization.

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

Айдарханов А.О., 9, 245, 323
Амиров А.А., 449

Б

Байгазинов Ж.А., 303, 359, 391
Бахтин Л.В., 105
Бердинова Н.М., 449
Божко В.В., 473
Брянцева Н.В., 225, 461

Г

Генова С.В., 9, 405, 449

Д

Дмитропавленко В.Н., 159, 225, 279, 797
Дроздов А.В., 405, 449

Ж

Жадыранова А.А., 461
Желтов Д.А., 449

И

Иванова А.Р., 359

К

Кабдыракова А.М., 287, 303
Каратаев С.С., 359, 391
Каширский В.В., 105, 203, 483
Келлер С.А., 359, 391
Кириллов В.Д., 449
Коровикова Т.В., 159
Коровина О.Ю., 203, 483, 497
Кундузбаева А.Е., 287, 303

Л

Ларионова Н.В., 9, 279, 303, 323, 335
Лукашенко С. Н., 9, 57, 105, 203, 245, 279, 287, 303, 323, 335, 359, 391, 405, 449, 461, 483
Ляхова О.Н., 323, 335, 391

М

Магашева Р.Ю., 57
Мустафина Е.В., 159, 225, 279, 473, 497

О

Осинцев А.Ю., 159, 225, 473, 497

П

Паницкий А.В., 57, 303, 359, 391
Пестов Е.Ю., 9

Р

Русинова Л.А., 405, 449

С

Силачев И.Ю., 359
Солодухин В.П., 449
Субботин С.Б., 9, 105, 245, 323, 405, 449, 451
Субботина Л.Ф., 391
Султанова Б.М., 279

Т

Топорова А.В., 9, 461

Ч

Чернова Л.М., 405, 449

Ш

Шатров А.Н., 203

Э

Эдомин В.И., 9, 245

Я

Яковенко Ю.Ю., 105, 157, 279

ШЫҒАРЫЛЫМНЫҢ НЕГІЗГІ АВТОРЛАРЫ ТУРАЛЫ

Лукашенко С.Н. 1986 жылы Ленсовет ат. Ленинградтық институтты «Радиациялық химия» мамандығы бойынша бітіріп, ҚазСРО Ғылым академиясының Ядролық физика институтына жіберілген болатын, ол жерде 2006 жылға дейін жұмыс жасады. 2006 жылы ҚР ҰЯО Бас директорының радиоэкология жөніндегі орынбасары – ҚР ҰЯО Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының директоры болып тағайындалды. Түрлі жылдардағы ғылыми қызығушылық танытқан негізгі салалары: элементтік әдістерді және радионуклидтік талдамаларды әзірлеу; радиоактивті изотоптың радиохимиялық бөлінуін және алу әдістерін әзірлеу; түрлі радиациялық-қауіпті нысандардың жай-күйін зерттеу, сонымен қатар Семей және Азғыр - сынақ полигондары, бейбіт ядролық сынақтар өткізілген жерлер (ЛИРА, Батолит, Регион және және басқалары), атом реактор қондырғылары (ЖН-350 реакторлық қондырғылары, Ақтау қ., ВВР-К зерттеу реакторы, Алматы қ.), уранөндіруші нысандар мен уранөңдеуші өнеркәсіптер (артқы бөліктерді сақтайтын Қошқар-Ата қоймасы, ҮМЗ және басқаларының қалдықтар сақтайтын қоймасы), табиғи радиациялық сипаттамалары жоғары аумақтар мен нысандар.

Қызмет істеген уақытында бірнеше рет ірі республикалық және халықаралық жобалардың менеджері/ғылыми жетекшісі болып жұмыс атқарды. 2006 жылдан бастап, Атом Энергиясы жөніндегі Халықаралық Агенттіктің Бас Директоры жанындағы Ядролық Қолдану бойынша Кеңестік Топтың мүшесі болып табылады.

Дмитропавленко В.Н. 1973 жылы Мәскеулік авиациялық институтты аяқтап, Мәскеу қ. жылу процестері ҒЗИ №20 Кешенді экспедицияға (Семей-21 қ.) жіберілді, ол жерде инженер қызметінен сектордың бастығына дейін жұмыс істеді, сол жерде ядролық зымыранды қозғалтқыштарды сынауға арналған стенділер, қозғалтқыштың стенділік түпбейнесінің алғашқы үлгілерін сынақтан өткізу жұмыстарымен айналысты. 2000 жылдан 2006 жылға дейін Ұлттық ядролық орталықтың кәсіпорындарында түрлі басшылық орындарында қызмет жасады. ҚР ҰЯО кәсіпорындарында жұмыс жасай жүріп, бұрынғы Семей сынақ полигонының аумағындағы радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету; аумақтарды радиациялық зерттеу; ядролық сынақтардың инфрақұрылымын жою бойынша бағдарламаларды іске асырумен айналысады. 2006 жылдан бастап РҚЭИ-да директордың өндіріс жөніндегі орынбасары болып қызмет етіп келеді.

Субботин С.Б. 1975 жылы Ортаазиялық политехникумды: «Пайдалы кен-қабаттарын іздестіру және барлау геологиясы» мамандығы бойынша аяқтаған соң уранды рудникте дозиметрист болып өз қызметін бастады. 1979 ж. бастап, Семей полигонында ядролық жарылыстарға инженерлік-геологиялық ілеспе жасау бойынша жұмыстарды атқарды. 1988 ж. Томск политехникалық институтын «Гидрогеология және инженерлік геология» мамандығы бойынша аяқтады. 1995 ж. РҚЭИ-да жұмыс жасап келеді, қазіргі уақытта –геоақпараттық жүйе зертханасының бастығы болып жұмыс істейді. Ғылыми зерттеулердің негізгі саласы –геологиялық ортаға, жерасты суларымен радионуклидтердің таралу механизмін зерттеу, ядролық сынақтардың әсер ету салдарын зерттеу және т.б. 30-дан аса ғылыми еңбектердің бірлескен авторы.

Айдарханов А.О. 2001 жылы Шығыс-Қазақстан Мемлекеттік Университетін «Физика» мамандығы бойынша аяқтады. 2001 жылы ҚР ҰЯО ЯФИ–да жұмысын бастады, 2008 жылы РҚЭИ-ның қоршаған ортаның мониторингілік жүйелерін әзірлеу бөлімінің бастығы болып тағайындалды. Оның ғылыми жағынан қызығушылық танытқан салалары: ядролық жарылыс өткізілген жерлердегі радиоэкологиялық жағдайды зерттеу (Семей сынақ полигоны); ССП-да шаруашылық қызмет жүргізудің радиациялық мониторингін жүргізу; изотопты гидрогеология әдістерін әзірлеу.

Паницкий А.В. 2002 жылы Шығыс-Қазақстан Мемлекеттік Университетін – табиғатты пайдалану экологиясы мамандығы бойынша бітірді, 2004 ж. – Павлодар университетінің магистратурасын қолданбалы экология мамандығы бойынша бітірді. 2002 ж. ҚР ҰЯО РҚЭИ-да жұмыс істейді, қазіргі уақытта – экожүйелерді кешенді зерттеу бөлімінің бастығы болып қызмет атқарады. Ғылыми жағынан қызығушылық танытқан салалары: ССП жерүсті және су экожүйесіне ядролық сынақтардың әсер етуін бағалау; ССП қазіргі уақыттағы фауналық, флоралық және ценотикалық құрамын зерттеу; топырақ-өсімдік жамылғысындағы техногенді радионуклидтердің кеңістікте және тік жылыстау механизмдерінің ерекшеліктерін зерттеу; радиациялық ластанған аумақта ауыл шаруашылық жануарларының ағзасында радионуклидтердің түсуін және таралуын зерттеу бойынша және ауыл шаруашылығының өсімдік шаруашылығы өнімдеріне радионуклидтердің өту параметрлерін зерттеу бойынша табиғи далалық тәжірибелер өткізу. 17-ден аса ғылыми жұмыстардың бірлескен авторы.

Осинцев А. Ю. Семей мемлекеттік педагогикалық институтын химия және биология мамандығы бойынша бітірді, экология мамандығы бойынша магистратураны бітірді. ҚР ҰЯО РҚЭИ-да 1996 жылдан бастап жұмыс істейді, қазіргі уақытта – радиациялық зерттеулер және экожүйелерді қалпына келтіру бөлімінің бастығы. Ғылыми қызметі ССП аумағындағы және Қазақстан аумағындағы басқа радиациялық-қауіпті нысандардың радиациялық жағдайын зерттеумен байланысты, сонымен қатар табиғи ортада радионуклидтердің таралуын зерттеу, тұрғындарға және қызметкерлерге түсетін дозалық жүктемені бағалау, рентген-диагностикалық процедураларды өткізу барысындағы қызметкерлермен тұрғындарда қалыптасатын дозалық жүктемені зерттеу. «Жабық ядролық қалалар» бағдарламасы жобасының үйлестірушісі болып табылады. 20-дан аса ғылыми жұмыстардың бірлескен авторы.

Ларионова Н. В. 2003 жылы Шәкәрім ат. Семей Мемлекеттік Университетін «Биология» мамандығы бойынша бітірді, 2006 жылы «Экология» мамандығы бойынша магистратураны аяқтады. РҚЭИ-да 2003 жылдан бастап, қазіргі уақытқа дейін – Экожүйелерді кешенді зерттеу бөлімінің радиоэкологиялық зерттеу тобының жетекшісі болып жұмыс істейді. Оның ғылыми жағынан қызығушылық танытқан салалары: ССП аумағындағы топырақ жамылғысының радиоактивті ластану сипатын бағалау және «топырақ-өсімдік» жүйесінде радионуклидтердің таралуын зерттеу бойынша далалық тәжірибені әзірлеу және құру. 15-тен аса ғылыми жұмыстардың бірлескен авторы.

Мустафина Е. В. 2000 жылы Шәкәрім ат. Семей Мемлекеттік Университетін физика мамандығы бойынша бітірді, 2005 жылдан бастап ҚР ҰЯО РҚЭИ жұмыс жасайды. Қазіргі уақытта радиациялық зерттеулер және экожүйелерді қалпына келтіру бөлімінде радиологиялық зерттеу зертханасының жетекшісі болып қызмет жасайды. Ғылыми қызметі тұрғындарға және қызметкерлерге түсетін дозалық жүктемені бағалау, рентген-диагностикалық процедураларды өткізу барысындағы қызметкерлер мен тұрғындарда қалыптасатын дозалық жүктемені зерттеу.

Индустрия және жаңа технологиялар министрлігі

«Қазақстан Республикасы Ұлттық ядролық орталығы»
Республикалық мемлекеттік кәсіпорны

«Радиациялық қауіпсіздік және экология институты»
Еншілес мемлекеттік кәсіпорны

ҚАЗАҚСТАН РАДИОЭКОЛОГИЯСЫНЫҢ ӨЗЕКТІ МӘСЕЛЕЛЕРІ
2 шығарылым

Радиациялық қауіпсіздік
және экология институтының
2007-2009 жж. еңбектер жинағы

ҰЯО РМК бас директорының радиоэкология жөніндегі орынбасары ҚР ҰЯО РҚЭИ директоры С. Н. Лукашенконың жалпы редакциялауымен шығарылған

Техникалық редактор: Г. Трубицкая.
Компьютерлық терім: Е. Горкин.

Басуға 22.12.2010 ж. қол қойылды.
Пішін: 70 х 100/16. Басылуы офсетті. Шартты басылу парақтары 32,75.
Таралымы 400 дана. Тапсырыс № 537ц.
"Дом печати" ЖШС басылып шығарылды.
140000, Қазақстан Республикасы, Павлодар қаласы, Ленин көшесі, 143-үй.