Э.Ғ. Батырбеков, А.О. Айдарханов,
В.А. Витюк, Н.В. Ларионова, М.А. Умаров

СЕМЕЙ СЫНАҚ ПОЛИГОНЫН КЕШЕНДІ РАДИОЭКОЛОГИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕП-ҚАРАУ

2021

Семей сынақ полигонының жабылуына 30 жыл толуына орай

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ЯДРОЛЫҚ ОРТАЛЫҒЫ
КУРЧАТОВ Қ.

СЕМЕЙ СЫНАҚ ПОЛИГОНЫН КЕШЕНДІ РАДИОЭКОЛОГИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕП-ҚАРАУ

Э.Ғ. Батырбеков, А.О. Айдарханов, В.А. Витюк,
Н.В. Ларионова, М.А. Умаров

Курчатов қ., 2021 ж.

УДК 539.1 (035.3)
ББК 22.383
К 63

Рецензент: Н. И. Санжарова – РҒА корр.-мүшесі, б.ғ.д., профессор

Авторлар ұжымы: *Э. Ғ. Батырбеков, А. О. Айдарханов, В. А. Витюк, Н. В. Ларионова, М. А. Умаров*

«Семей сынақ полигонын кешенді радиоэкологиялық зерттеп-қарау» монографиясы

К 63 **Семей сынақ полигонын кешенді радиоэкологиялық зерттеп-қарау**: монография / Э. Ғ. Батырбеков, А. О. Айдарханов, В. А. Витюк және басқ. – Курчатов: ҚР ҰЯО РМК Радиациялық қауіпсіздік және экология институты, 2021. – 344 б.

ISBN 978-601-7972-64-6

Монографияда бұрынғы Семей сынақ полигоны аумағын кешенді радиоэкологиялық зерттеп-қарау нәтижелері ұсынылған. Зерттеп-қарау жұмыстарын Қазақстан Республикасы Ұлттық ядролық орталығының мамандары 2008-2021 жылдар кезеңінде жүргізді. Осы жұмыстың нәтижелері аумақтың ағымдағы радиациялық ахуалын, адам мен қоршаған ортаға қауіп төндіретін учаскелерді және ықтимал шаруашылық айналымына берілуі мүмкін учаскелерді анықтауға мүмкіндік берді. Кітап радиоэкология, радиациялық қауіпсіздік, қоршаған ортаны қорғау саласындағы мамандарға, сондай-ақ бұрынғы Семей сынақ полигонының экологиялық ахуалының өзекті мәселелеріне қызығушылық танытатын оқырмандардың кең ауқымына арналған.

ISBN 978-601-7972-64-6

УДК 539.1 (035.3)
ББК 22.383

© ҚР ҰЯО РМК «Радиациялық қауіпсіздік және экология институты» филиалы, 2021

АЛҒЫСӨЗ

30 жыл бұрын, 1991 жылғы 29 тамызда Қазақстан Республикасының Тұңғыш Президенті Н.Ә. Назарбаевтың Жарлығымен Семей ядролық сынақ полигонының жабылуы Қазақстанның жаппай қырып-жою қаруын таратпау жөніндегі болашақ саясатының негізін қалаған алғашқы қадам болды.

Бұл оқиға Қазақстан үшін ғана емес, бүкіл әлемдік қоғамдастық үшін де маңызды болып табылады – әлемдегі ең ірі ядролық полигон жұмысын тоқтатты.

Тарихи шешім қабылданғаннан кейін, өткен дәуірден мұраға қалған Қазақстанға барлық күрделі, орасан зор инфрақұрылымы бар полигон қалды. Бұл қиын мұрамен не істеу керек? Әрбір мемлекет осындай ауқымды міндетті орындай алмас еді. Ел басшылығы бұл мәселені өзінің бейбіт бастамаларына сәйкес шешті. Бұрынғы Семей сынақ полигонының әлеуетін бейбіт мақсатта пайдалану сияқты бір мәнді бағыт алынды.

Бүгін біз ядролық қаруды сынаудың инфрақұрылымы мен салдарын жою, бұрынғы ССП әскери-өнеркәсіптік кешенін бейбіт мақсаттарға конверсиялау жөніндегі кең ауқымды қызметтің арқасында бұрынғы Семей ядролық сынақ полигонының аумағы КСРО әскери-өнеркәсіптік кешені инфрақұрылымының ядролық қызметінің зардаптарынан толық тазартылғанын және қауіпсіз жағдайға келтірілгенін қанағаттанарлықпен атап өтеміз. Қазақстан Республикасы басшылығының ядролық қаруды таратпау жөнінде қабылдаған шаралары бір кездері қуатты кеңестік ядролық қару кешенінің бақылаусыз ыдырауы халықаралық қатынастар жүйесі үшін тудыруы мүмкін қатерді іс жүзінде толығымен жойды.

ССП жабылғаннан кейін 9 жыл өткен соң ядролық зарядтардың жерасты жарылыстарына арналған барлық штольнялар мен ұңғымалар оларды мақсаты бойынша пайдалануға мүмкіндік бермейтін күйге келтірілді. Полигонды денуклеаризациялау жөнін-

дегі барлық жұмыстар біздің еліміздің АҚШ-пен, Ресеймен және басқа да елдермен кең халықаралық ынтымақтастығы шеңберінде орындалған. Ядролық полигонды жабу, оны одан әрі зерттеу және оңалту жөніндегі бірлескен жұмыстың осы бірегей тәжірибесі әлемде жалғыз және әлі күнге дейін ешкімнен асып түспеген болып қала береді.

Ядролық сынақтардың инфрақұрылымын жою және таратпау мәселелерін шешу жөніндегі жұмыстарды орындаумен қатар, полигон алып жатқан және оған іргелес жатқан орасан зор аумақтардың радиациялық ластану проблемасы кеңінен белгіленді. Қазақстан тарихындағы ССП зерттеп-қарау, атап айтқанда полигонды кешенді экологиялық зерттеп-қарау бойынша ең ауқымды жұмыстарды жүргізу туралы шешім қабылданды. Зерттеп-қарау жұмыстары 2008 жылы басталып, 2021 жылы аяқталды. Осы уақыт ішінде 18 000 шаршы шақырымнан астам полигон зерттелді, ондаған мың зертханалық талдаулар жүргізілді, топырақ жамылғысының, ССП ауа және су ортасының, жануарлар мен өсімдіктер әлемінің радиациялық ахуалына бағалау жүргізілді. Ең бастысы, оларды елдің шаруашылық айналымында одан әрі пайдалану мақсатында Полигон жерлерін жалпы қауіпсіз жағдайға келтіру жолдары анықталды.

Бұл монографияда ССП-дағы ауқымды жұмыстар нәтижелерінің бір бөлігі ұсынылған, ол ССП-ның ағымдағы проблемалары мен перспективасын жарыққа шығаруға, Полигонның және оған іргелес жатқан аумақтардың ядролық және радиациялық қауіпсіздігін одан әрі жақсартуға бағытталған жаңа міндеттер қоюға мүмкіндік береді.

Батырбеков Эрлан,
ҚР Ұлттық ядролық орталығының
Бас директоры,
ф.-м. ғ. д., профессор, ҚазҰӨА академигі

МАЗМҰНЫ

АЛҒЫСӨЗ 3

КІРІСПЕ 7

1-ТАРАУ. СЕМЕЙ СЫНАҚ ПОЛИГОНЫ ЖАЙЛЫ ЖАЛПЫ АҚПАРАТ

1.1 Жалпы ақпарат 9

1.2 Қысқаша тарихи анықтама 10

1.3 Ядролық сынақтардың зардабын зерттеу хронологиясы 14

1.4. Сынақ алаңдары 21

2-ТАРАУ. СЕМЕЙ СЫНАҚ ПОЛИГОНЫН КЕШЕНДІ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕП-ҚАРАУ

2.1 Ағымдағы радиациялық ахуалды қалыптастырушы радионуклидтер 42

2.2 Полигонға кешенді экологиялық зерттеп-қарау жұмыстарын жүргізу әдістемесі 47

2.3 Топырақ жамылғысының радиациялық ахуалы (беткі қабаты) 53

2.4 Радионуклидтердің топырақ бейінінің тереңдігі бойынша таралуы 64

2.5 Топырақтағы жасанды радионуклидтерді анықтау формаларын зерттеу 82

2.6 Су ортасының радиациялық жағдайы 87

2.7 Атмосфералық ауаның радиациялық жағдайы 103

2.8 Өсімдік жамылғысының радиациялық ахуалы 119

2.9 Жануарлар әлемінің радиациялық ахуалы 135

2.10 Ауыл шаруашылығы өнімінің радиациялық ахуалын бағалау 147
2.11 Тұрғындарға түсетін дозалық жүктемені бағалау 167
2.12 Қосымша зерттеулер..... 178

3-БӨЛІМ. СЫНАҚ АЛАҢДАРЫНЫҢ РАДИАЦИЯЛЫҚ ЛАСТАНУЫ

3.1 Зерттеп-қарау әдіснамасы 186
3.2 Алынған нәтижелердің сипаттамасы 188

4-БӨЛІМ. ПОЛИГОННЫҢ ДАМУ ПЕРСПЕКТИВАСЫ

4.1 Іргелес аумақтардағы радиациялық ахуал..... 209
4.2 Радиациялық мониторинг 222
4.3 Зерттеп-қаралған аумақтардағы радиациялық ахуалдың дамуын болжау 229
4.4 Жерлерді реабилитациялау 247
4.5 Жерді қазіргі заманғы пайдалану 253
4.6 Ғылыми даму перспективасы 259

ҚОРЫТЫНДЫ..... 272

1-ҚОСЫМША 276

2-ҚОСЫМША 291

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ 311

КІРІСПЕ

Семейден (Қазақстан Республикасы) 130 км қашықтықта орналасқан КСРО әскери полигонында 40 жыл бойы жүргізілген ядролық сынақтар қоршаған ортаның ауқымды радиоактивті ластануына алып келді.

Ауқымы 18311,4 км^2 құрайтын Семей сынақ полигонының өзінің аумағы ғана емес, сонымен қатар оның шегінен тыс аумақ та ластануға ұшырады.

1991 жылы полигон жабылған сәттен бастап 30 жыл өтсе де, ядролық сынақтардың нақты салдары туралы даулар қазіргі уақытта да жойылмайды. Екі шетін пікір бар: полигон барлық тіршілік иелеріне, соның ішінде адамдарға қауіп төндіреді, ал полигон жерлерін ұтымды пайдалануға болады, соның ішінде өмір сүру және экономикалық қызмет үшін. Бұдан басқа, Семей полигонының тақырыбы уақыт өткен сайын теріс пиғылды алыпсатарлықтың объектісіне айналып келеді.

Бұл полигондағы қазіргі радиациялық жағдай туралы сенімді ақпараттың жеткіліксіздігінен туындайтыны анық. Көбінесе маңызды тұжырымдар шектеулі мәліметтер негізінде жасалады. Полигонның белгілі бір учаскесі үшін алынған нәтижелер қоршаған орта объектілерінде радиоактивтіліктің таралуына әсер ететін барлық аспектілерді ескермей, бүкіл полигонға таралады.

2008 жылдан бастап 2021 жылға дейін 14 жыл ішінде Қазақстан Республикасы Ұлттық ядролық орталығының қызметкерлері Семей сынақ полигонындағы ядролық сынақтардың радиоэкологиялық салдарларына кезең-кезеңімен кешенді бағалау жүргізді.

Бұл жұмыс бүгінгі күні полигондағы барлық қоршаған орта объектілерін, оның ішінде топырақ қабатын, атмосфералық ауаны, жерүсті және жерасты суларын, өсімдіктер мен жануарлар дүниесін толық ауқымды жалғыз зерттеу болып табылады. Жұмыс толығымен полигонның қазіргі радиациялық жағдайын зерттеуге және онда тұру мен шаруашылық қызметті жүргізудің

қауіптілік дәрежесін бағалауға арналған. Кешенді экологиялық зерттеп-қарау жұмыстарын жүргізу кезінде радиоэкология саласында қолданылатын ең заманауи әдістер мен жабдықтар қолданылды. Барлық жабдықтар өлшеу құралдарының мемлекеттік кадастрына енгізілген және метрологиялық тексеруден өтеді. Алынған нәтижелердің сенімділігі қолданыстағы сапа менеджменті жүйесімен және экологиялық менеджмент жүйесімен (ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, ISO 19011-2011), сондай-ақ қолда бар № KZ T.07.2142 аттестатымен қамтамасыз етілді. Қазақстан Республикасының аккредиттеу жүйесінде «Сынақ және калибрлеу зертханаларының құзыреттілігіне қойылатын жалпы талаптар» МЕМСТ ИСО/МЭК 17025-2009 талаптарына сәйкестендірілді.

Жұмыстардың нәтижелерін KAZ 9016 «Supporting the Transfer of the Former Semipalatinsk Test Site land for Economic Use» (Бұрынғы Семей сынақ полигоны жерлерін шаруашылық пайдалануға беру жөніндегі жұмыстарды ғылыми-техникалық қолдау) жобасының шеңберінде зерттеулердің толықтығы, нәтижелердің дұрыстығы, тұжырымдар мен ұсынымдардың орындылығы дәрежесін жоғары бағалап, тиісті қорытынды берген Атом энергиясы жөніндегі халықаралық агенттіктің (АТЭХАГ) мамандары мойындады.

Осы монографияда Семей сынақ полигоны аумағындағы барлық қоршаған орта объектілерінің радиациялық ахуалын зерттеу нәтижелері ұсынылған. Полигонда өндірілген жағдайда, яғни онда тұрған жағдайда мал шаруашылығы және өсімдік шаруашылығы өнімдерінде жасанды радионуклидтердің болуы мүмкін екендігіне бағалау жүргізілді. Семей сынақ полигонының қандай да бір нүктесінде тұрып, адам алуы мүмкін сәулелену дозаларын есептеу орындалды.

1-ТАРАУ. СЕМЕЙ СЫНАҚ ПОЛИГОНЫ ЖАЙЛЫ ЖАЛПЫ АҚПАРАТ

1.1 Жалпы ақпарат

Семей сынақ полигоны (ССП) Қазақстан Республикасының үш облысының түйіскен жерінде орналасқан.

Полигонның ауданы 18 311,4 км^2-ге тең, оның ішінде Шығыс Қазақстан облысы полигонның жалпы алаңының 54 %-ын, Павлодар облысы – 39 %-ын және Қарағанды облысы – 7 %-ын алып жатыр.

1.1-сурет. Қазақстан картасында Семей сынақ полигонының орналасуы

Полигонға ең жақын ірі елді мекен Шығыс Қазақстан облысының Курчатов қаласы (шамамен 10 мың тұрғын) болып табылады, ол ССП шекарасында орналасқан. Семей қаласы (бұрынғы Семипалатинск, осы атаудан полигонның жалпы атауы шыққан) полигонның шығысына қарай 130 км жерде орналасқан.

1.2 Қысқаша тарихи анықтама

ССП тарихы туралы қазақстандық және ресейлік мамандардың көптеген кітаптары жазылған, онда полигон туралы тарихи мәліметтер, фактілер, түсініктемелер берілген. Қазіргі уақытта оның аумағында жүргізілетін радиоэкологиялық жағдайы, ССП инфрақұрылымы және ғылыми зерттеулер туралы неғұрлым өзекті және толық мәліметтер Қазақстан Республикасы Ұлттық ядролық орталығының Тұңғыш Президенті Н.Ә. Назарбаевтың басшылығымен ғалымдар ұжымы құрастырған және 2016 жылы жарық көрген «Бұрынғы Семей сынақ полигонын қауіпсіз күйге келтіру бойынша ғылыми-техникалық және инженерлік жұмыстар кешенін жүргізу» үш томдық монографиясында келтірілген [1]. Полигонның бастапқы тарихы мен қызметі «Семей полигоны. Ядролық сынақтардың жалпы және радиациялық қауіпсіздігін қамтамасыз ету» атты кітабында және 1997 жылы профессор В.А. Логачевтің жетекшілігімен Ресей Федерациясы Денсаулық сақтау министрлігінің, Ресей Федерациясы Атом энергиясы министрлігінің, Ресей Федерациясы Қорғаныс министрлігі мен Гидрометеорология және қоршаған ортаны бақылау жөніндегі федералдық қызметтің мамандар тобы, сонымен қатар 1997 жылы профессор В.Н. Михайловтың жетекшілігімен мамандар тобы дайындаған «КСРО ядролық сынақтары» атты кітабында, 2007 жылы отставкадағы полковник, техника ғылымдарының кандидаты И.А. Акчуриннің «Семей ядролық полигоны. Құрылуы, қалыптасуы, қызметі» атты жарық көрген кітабында да толық жазылған [2,3,4].

Сондықтан бұл монографияда ССП тарихының негізгі кезеңдері ғана қысқаша қайталанады.

1945 жылы 20 тамызда Мемлекеттік Қорғаныс Комитетінің қаулысымен атом бомбасын жасау бойынша барлық жұмыстарды басқаруға төтенше өкілеттік берілген Арнайы комитет пен Бірінші бас басқарма құрылды. Арнайы комитеттің басшысы Л.П. Берия болды [5].

Алғашқы отандық атом зарядын әзірлеу «КСРО атом жобасы» кешенді бағдарламасының шеңберінде жүргізілді, оның жетекшісі кеңес физигі, КСРО ҒА академигі И.В. Курчатов болды (1949-1955 жылдар).

1946 жылғы 14 қарашада КСРО Министрлер Кеңесінің Қаулысымен атом бомбасын сынау үшін «Бірінші бас басқарманың тау-кен станциясы» деп аталатын арнайы полигон салу туралы шешім қабылданды. Тау-кен сейсмикалық станциясының бірінші бастығы-артиллерия генерал-лейтенанты П.М. Рожанович (1947-1948 жж.) болды [4].

Полигонның бірінші ғылыми жетекшісі болып КСРО ҒА Химиялық физика институты директорының орынбасары, геофизик М.А. Садовский тағайындалды (1947-1968 жж.) [4].

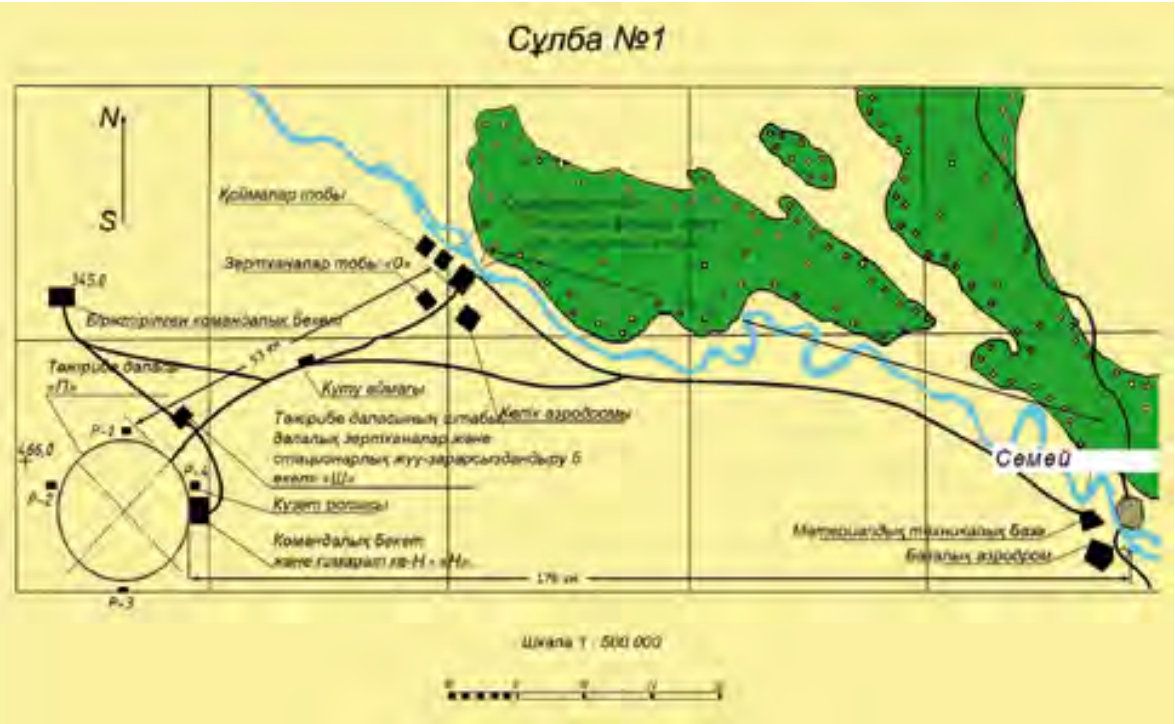
Полигон орналасқан жердің ықтимал нұсқаларын қарастыру кезеңінде таулы сейсмикалық станция («Объект-905») деп аталды [6]. Бұл атау полигон БКП(б) ОК қаулысымен КСРО Қорғаныс министрлігінің ведомствосына берілген кезде 1947 жылдың 21 тамызына дейін қолданылған. 1948 жылы полигон «КСРО Қарулы Күштері Министрлігінің № 2 оқу-жаттығу полигоны» болып өзгертілді, шартты атауы – № 52605 әскери бөлімі [7]. 12.05.1970 жылы полигон қайтадан өз атауын өзгертіп, № 2 Орталық ғылыми-зерттеу сынақ полигоны (МЕМОҒЗСП-2) деп атала бастады және осы мәртебеде 29.08.1991 жылы жабылғанға дейін жұмыс істеді [1, 8].

1948 жылғы 1 маусымда полигонның алғашқы бөлімшелері (№ 52605 әскери бөлімі) шоғырланған ауданға көшіріле бастады, ал 1949 жылғы шілдеде полигондағы сынақтарға дайындық бойынша жұмыстар аяқталды.

Кең ауқымды ядролық сынақтар жүргізуге мүмкіндік беретін бірегей эксперименттік-сынақ базасы мынадай негізгі элементтерді: әкімшілік-тұрғын үй аймағы (М алаңы); оған іргелес технологиялық алаңы, Тәжірибелік алаңның автоматты командалық пункті (Н алаңы) және сынаушылардың тұрғын қалашығы

(Ш алаңы) бар Тәжірибе даласы (П алаңы); Семей, Жаңа-Семей маңындағы базалық аэродромды (А алаңы) қамтыды.

Ядролық зарядтың конструкторлық және технологиялық дамуы КСРО ҒА академигі Ю.Б. Харитонның басшылығымен конструкторлық бюро мамандарына жүктелді. 1949 жылғы 26 тамызда Ю.Б. Харитон бұйымның барлық тораптарының тәжірибеге дайындығы туралы актілерді И.В. Курчатовқа ұсынды. Л.П. Бериянның жеке өкіміне сәйкес, И.В. Курчатов сынақ жүргізу күнін – 1949 жылғы 29 тамызда «Тәжірибе даласы» сынақ алаңында белгіледі, осылайша ядролық қаруды сынаудың кейінгі көп жылдық процесін іске қосты.



1.2-сурет. Полигон салу үшін таңдалған Ертіс өзені ауданындағы алаң

Қазіргі уақытта бүкіл әлемде полигонның басқа атауы – ССП кең таралды.

ССП-ның аса маңызды сынақтары:

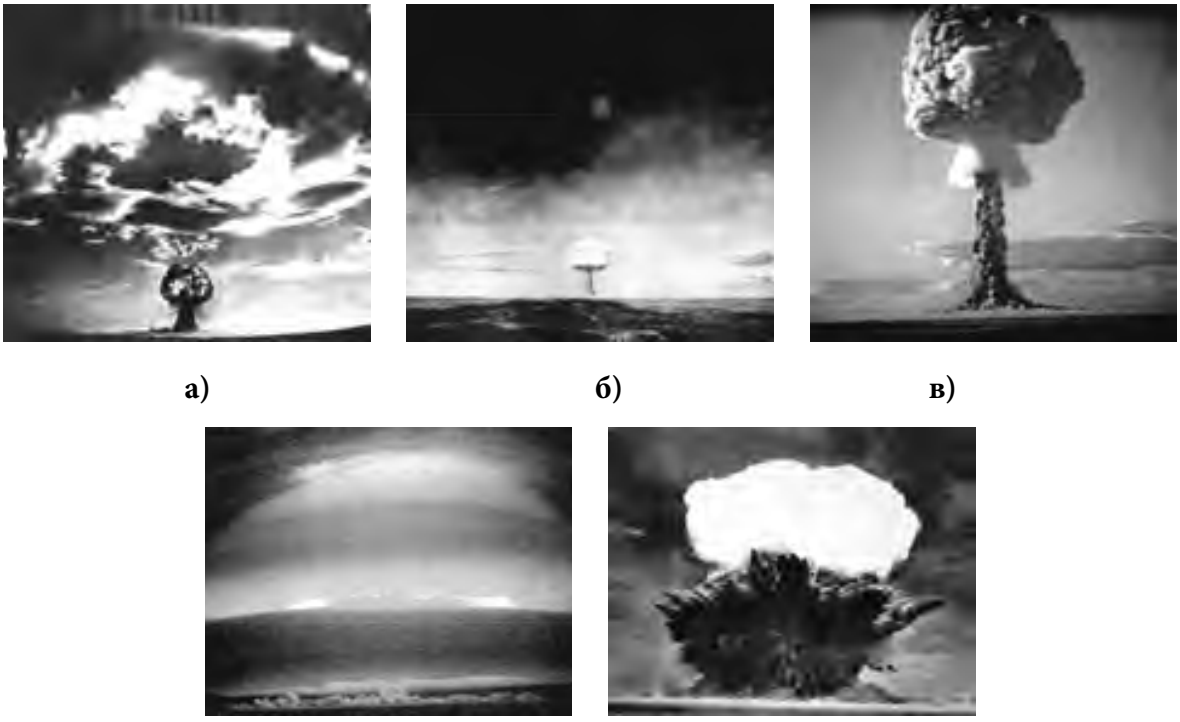
– 1949 жылғы 29 тамыз – алғашқы ядролық сынақ;

– 1951 жылғы 18 қазан – ұшақтан атом бомбасын тастау арқылы өткізілген алғашқы сынақ;

– 1953 жылғы 12 тамыз – алғашқы термоядролық зарядты сынау;

– 1955 жылғы 22 қараша – ұшақтан сутегі бомбасын тастау арқылы жасалған ССП аумағындағы ең қуатты сынақ;

– 1965 жылдың 15 қаңтары – Шаған және Ащысу өзендерінің қосылған жерінде жасанды суайдынын құру мақсатында ұңғымадағы алғашқы өнеркәсіптік жарылыс («Атом көлі» деп аталады).



а) б) в)

г) д)

1.3-сурет. ССП-дағы ядролық сынақтар: а) РДС-1 алғашқы кеңестік атом бомбасының жарылуы; б) РДС-3 алғашқы әуе жарылысы; в) РДС-6с бірінші термоядролық зарядының жарылуы; г) РДС-37 алғашқы кеңестік екі сатылы бомбаның жарылуы; д) топырақ лақтырындысы ілескен ұңғымадағы алғашқы өнеркәсіптік жарылыс

ССП-дағы ядролық қаруды сынауды 2 кезеңге бөлуге болады [1]:

1-кезең. 1949-1962 жылдар кезеңінде атмосферада ядролық жарылыстар жүргізу;

2-кезең. 1961-1989 жылдар кезеңінде жерасты ядролық жарылыстарын (штольнялар мен ұңғымаларда) жүргізу.

1949-1989 жылдар аралығында полигонда барлығы 456 ядролық сынақ өткізілді. Оның ішінде – 116 атмосфералық, оның ішінде жерүсті (жер бетінде) және әуе жарылыстары; 340 жерасты ядролық жарылыстары.

1989-1991 жылдар кезеңінде полигон аумағында ядролық қондырғының бірде-бір жарылысы болған жоқ.

1991 жылғы 29 тамызда Қазақ КСР Президенті Н.Ә. Назарбаев «Семей ядролық сынақ полигонын жабу туралы» № 409 Жарлыққа қол қойды [9], бұл ядролық қаруды сынаудың инфрақұрылымы мен салдарын жою жөніндегі кең ауқымды қызметтің басталуына себеп болды. Әскери қауіп-қатер көзінен алынған полигон ғылыми зерттеулердің объектісіне айналды.

Қазіргі уақытта Қазақстан бүкіл әлемде өзінің антиядролық бастамаларының арқасында кеңінен танымал, олардың алғашқысы КСРО ыдырағаннан кейін жас Республика ие болған ядролық қарудан бас тарту болды. Алғашқы кеңестік ядролық сынақты өткізу күні – 29 тамыз, Қазақстанның ұсынысы бойынша, БҰҰ Ядролық сынақтарға қарсы халықаралық іс-қимылдар күні деп жариялады [1].

1.3 Ядролық сынақтардың зардабын зерттеу хронологиясы

Полигон жабылғаннан кейін жас мемлекет алдында бірқатар сұрақтар тұрды – полигон дегеніміз не, ол адамдар үшін қандай қауіп төндіреді, полигонның радиоактивті ластануы қандай ауқымға жетеді және тағы басқа сауалдарға белгілі бір мән-жайларға байланысты сол кезде жауап берілмеді.

Әрине, мұндай жағдайларға полигондағы барлық сынақтар «өте құпия» белгісімен жүргізілгені, сәйкесінше сынақтардың нәтижелері де, осы сынақтардың салдары да жария етілмегені жатады. Ал полигон жабылғаннан кейін ондағы қызмет туралы барлық материалдар сыртқа шығарылды.

1993 жылдың қазан айында ССП-да 1949 жылы салынған бірегей биологиялық орталық – № 52605 әскери бөлімінің базасында ҚР Ұлттық ядролық орталығының Радиациялық қауіпсіздік және экология институты құрылды.

ССП ядролық сынақтарын медициналық-биологиялық сүйемелдеу үшін қалыптастырылған № 52605 әскери бөлімінің тарихы туралы аз мәлімет.

Радиациялық қауіпсіздік және экология институтында қалған бірнеше мұрағаттық деректердің ішінен № 52605 әскери бөлімін зерттеудің мақсаты 1949 жылдан бері жүргізіліп келе жатқан ядролық жарылыстар өнімдеріне байланысты радиациялық жағдайды зерттеу және гигиеналық бағалау екені белгілі болды. Мұнда келесі міндеттер шешілді: радиоактивті із аймағында тұратын ауыл тұрғындарының табиғи, әлеуметтік-экономикалық және санитариялық-гигиеналық жағдайларын зерттеу және олардың дозалық жүктемелердің қалыптасуына әсер ету ерекшеліктерін анықтау; жарылыстың радиоактивті өнімдерінің таралу аймағында жергілікті халыққа дозалық жүктемелердің қалыптасу серпініне себепші болатын негізгі факторларды белгілеу; Шаған өзенінде құрылған су қоймаларын шаруашылық мақсаттар үшін пайдалану жағдайларын зерделеу және мүмкіндіктерін бағалау; жерасты ядролық жарылыс кезінде пайда болған радиациялық жағдайға және жергілікті тұрғындардың денсаулығы үшін ықтимал қауіп дәрежесіне гигиеналық баға беру. Орталық жабдықтармен жақсы жабдықталған, 2 қабатты виварийде 750-ден астам гвинея шошқалары, 400 қоян, 500 ақ тышқан, 1500 ақ егеуқұйрық, 20 маймыл, 114 итке арналған қоршаулар болды және жарылыс алдында жергілікті совхоздардан қосымша түрде сиырлар, жылқылар, қойлар алынды.

Зерттеулер барысында ядролық қарудың зақымдаушы факторларының биообъектілерге әсері туралы түсініктер нақтыланды. Соққы толқынынан және ядролық жарылыстың басқа

да зақымдаушы факторларынан зардап шеккендерді медициналық эвакуациялау кезеңдерінде емдеу іс-шараларын ұйымдастыру және жүзеге асыру қағидаттары әзірленді. Оларды құруға КСРО Қорғаныс министрлігінің мекемелерімен қатар КСРО Денсаулық сақтау министрлігінің 3-ші Бас басқармасының басшылығы, Биофизика институтының және басқа да жетекші медициналық ұйымдардың қызметкерлері белсенді қатысты. Ашық жерде, ашық траншеяларда, жабық инженерлік құрылымдарда және әскери техникада орналасқан жануарларға радиациялық және жарық сәулесінің әсерінің салдары туралы эксперименттік мәліметтер алынды. Алынған нәтижелердің негізінде, патологоанатомиялық зерттеулердің деректерін қоса алғанда, сәулелік ауруды ауырлық дәрежесі бойынша жіктеуге негіз болған сәулелік ауру ағымының негізгі ерекшеліктері анықталды. Өлім сәулелену процесінде немесе ол аяқталғаннан кейін көп ұзамай пайда болатын «сәуле астындағы өлім» жағдайлары бөлек формада бөлінді. Өлген жануарлардың өлекселерін патологиялық-анатомиялық зерттеу үлкен сенімділік дәрежесімен аурудың ауырлығын, өлім мерзімін және сәулелену дозасын растауға мүмкіндік берді. Бұл деректер отандық радиобиология мен радиациялық медицинаның дамуы үшін үлкен маңызға ие болды. Жануарларға жүргізілген тәжірибелерде алынған нәтижелер негізінде өткір сәулелік ауруды емдеуде кешенді терапия әдісінің тиімділігі, әсіресе қорғаныс құралдарының (радиопротекторлардың) емдік препараттармен үйлесуі көрсетілді. Осы орталықта орындалған жұмыстар, олар иондаушы сәулеленудің әсер ету механизмдерін және радиациялық аурудың патогенезін зерттеуге түбегейлі үлес қосты. Осының арқасында радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету, радиациялық зақымданулардың алдын алу, ерте диагностикалау және емдеу, ұзақ мерзімді салдарлар қаупінің алдын алу немесе азайту міндеттерін шешудің ғылыми негізі ретінде радиобиология мен радиациялық медицинаның ақпараттық өрісі құрылды және дамыды.

Радиациялық қауіпсіздік және экология институты құрылған кезде № 52605 әскери бөлімінің барлық мұрағаты мен жабдықтары шығарылып, ғылыми қызметкерлер Ресейге кетті. Полигон бойынша радиологиялық жағдай туралы деректер болған жоқ. Ластанған жерлер картаға түспеген болатын. Осыған байланысты полигонның радиологиялық ахуалын және радиацияның адам мен биотаға әсерін зерттеу бойынша барлық жұмысты ҚР Ұлттық ядролық орталығының мамандары қайтадан бастауға тура келді. Зерттеудің негізгі бағыты ССП аумағындағы ағымдағы радиациялық жағдай туралы өзекті деректерді алу болды. Сонымен бірге қоршаған ортаның барлық компоненттері – топырақ, ауа, су, өсімдіктер мен жануарлардың табиғи популяциясы, сондай-ақ адамға түсетін дозалық жүктемені бағалау зерттелді.

ССП-да ауқымды радиоэкологиялық зерттеулер жүргізуді ол жабылғаннан кейін ел басшылығы қолдады, бұл іс жүзінде «Қазақстанда атом энергетикасын дамыту» Республикалық мақсаттағы ғылыми-техникалық бағдарламасын (РМҒТБ) бекітуде көрініс тапты. Жұмыстардың мазмұны кең ауқымды мәселелерді қамтыды, себебі топырақ жамылғысының радионуклидтермен алаңдық ластануы туралы деректерсіз полигонның өсімдіктері мен жануарларын зерттеу мүмкін болмады, оларды алу үшін радионуклидтерді талдаудың мөлшерлік әдістерін әзірлеу қажет болды.

«Биолог» (1994-1999 жылдар) және «Полигон» (1994-1997 жылдар) кезеңдері шеңберінде ССП аумағындағы және оған іргелес өңірлердегі радиологиялық жағдайға, сондай-ақ флора мен фаунаға ядролық сынақтардың салдарларына бағалау жүргізілді [10, 11]. Радиоактивті-ластанған аумақтарда табиғатты қорғау іс-шараларын әзірлеу және енгізу, табиғи ортаны қалпына келтіру бойынша мәліметтер берілді [12]. Сондай-ақ «Радиоактивті сәулелердің әсерін түрлендіретін жаңа тиімді радиопротекторлар мен агенттерді іздестіру» (1994-1998 жылдар) және «Протектор» (1996-1999 жылдар) кезеңдері шеңберіндегі зерттеу бағыттарының бірі радиоактивті сәулеленудің әсерін түрлендіретін жаңа

тиімді радиопротекторлар мен агенттерді іріктеу болды [13, 14]. «Өсімдіктер мен жануарлардың табиғи популяцияларына радиоэкологиялық факторлардың биологиялық әсері» кезеңі бойынша зерттеулердің үлкен көлемі ССП өсімдіктері мен жануарларының тізімін жасауға, сондай-ақ ядролық сынақтардың биологиялық салдарын бағалауға (оның ішінде жануарлардың жекелеген түрлерінде шағын дозаларда созылмалы сәулеленумен индукцияланған генетикалық әсерлерге) арналды [10, 15]. «Ареал» кезеңі бойынша ССП аумағының бір бөлігінің 1:50000 масштабында ластану карталары жасалды, судан ^{137}Cs анықтау бойынша жетілдірілген әдістеме дайындалды, өсімдіктер үлгілерінде плутонийдің құрамын эксперименталдық зерттеу әдістемесі әзірленді, Дегелең таулы массивінің порталындағы су ағындарын және радиоактивті ластануды мониторингілеу басталды, топырақ пен суды радионуклидтерден тазарту үшін биотехнологиялық әдісті қолдануға талпыныс жасалды [16, 17].

90-шы жылдары полигонның жерлері шаруашылық жұмыстарын жүргізу үшін пайдаланылды – оларда санкцияланған қызмет (пайдалы қазбаларды өндіру, геологиялық барлау және т.б.), сондай-ақ санкцияланбаған қызмет (кәбіл жинау, ауыл шаруашылығы өндірісі және т.б.) жүргізілді. ҚР Үкіметінің 1997 жылғы 16 маусымдағы № 976 қаулысына сәйкес ядролық қаруды сынау салдарын жою және кешенді экологиялық зерттеп-қарау жөніндегі барлық іс-шаралар аяқталғаннан кейін ғана ССП аумағының учаскелерін меншікке және жер пайдалануға беруге болады. Сондықтан 1998-1999 жылдар аралығында РМҒТБ шеңберінде «Бұрынғы ССП аумағын оны шаруашылықта пайдалану тұрғысынан саралау» кезеңі бойынша жұмыстар жүргізілді [18]. Нәтижесінде ССП аумағында жүргізілген радиологиялық зерттеулер туралы материалдар жинақталып, қорытылды, радиоактивті ластанудың негізгі көздерінің орналасқан жерін, ауыл шаруашылығы алқаптарының ықтимал орналасқан жерін көрсететін алғашқы электрондық карталар жасалды.

2000 жылы далалық радиометрия мен гамма-спектрометрияны, топырақ сынамаларын алуды қамтитын ССП-ның жекелеген учаскелерін қайтадан радиациялық зерттеп-қарау жүргізілді. Радионуклидтердің зерттелген алаңдар шегінде және топырақ қималарының тереңдігі бойынша (20 см-ге дейін) таралуы бойынша деректер алынды. Алынған деректерді 1994 жылы жүргізілген зерттеулер нәтижелерімен салыстыру жүргізілді, бұл жалпы зерттелетін аумақтың радионуклидтік ластануының төмендегенін куәландырды [19]. 2001 жылы РМҒТБ 01.01.01.Н «ССП және оған іргелес өңірлер аумағындағы радиологиялық жағдайды бағалау және мониторингілеу. Табиғатты қорғау іс-шараларын әзірлеу» тапсырмасы шеңберінде зерттеулер жүргізілді. 2002 жылы «Балапан» алаңының орталық және шығыс бөлігін алаңдық зерттеп-қарау және «Атом көлі» ауданы мен Шаған өзеніне кешенді радиоэкологиялық зерттеп-қарау жұмыстары басталды, «Дегеленде» суды мониторингілеу жүргізілді және Қарабұлақ, Байтілес пен Тоқтакүшік бұлақтарының арналары зерттелді. Сол кезде 2002 жылы өсімдіктердің доминантты түрлері-индикаторларында морфо-анатомиялық көрсеткіштер және цитогенетикалық әсерлер бойынша деректер алынды; хирономидтің табиғи популяцияларына цитогенетикалық зерттеу жүргізілді, Chironomus degilenicum тұқымының бұрын белгісіз жаңа түрі алғаш рет сипатталды [20, 21].

2004-2006 жылдар аралығында ССП аумағының бөлігінде шағын және орта ауқымды (масштабы 1:1 000 000 және 1:200 000) радиологиялық түсірілім жүргізілді. Ұзақ өмір сүретін радионуклидтерді ауа жолымен қайта тасымалдану процестерін зерттеу бойынша зертханалық және далалық эксперименттер жүргізілді. Радиоактивті ластанудың ауа жолымен таралуын шектеу әдістері зерттелді. Су ағыны арнасы бойындағы тік және көлденең жылыстау процестері, сондай-ақ су жүйесінде радионуклидтердің таралуына әсер ететін негізгі факторлар зерттелді. Ұзақ өмір сүретін радионуклидтерді су жолымен қайталама тасымалдау процестерін зерттеу бойынша зертханалық және далалық эксперимент-

тер жүргізілді. Әзірленген жүйе бойынша «Дегелең» алаңындағы штольнялардан су ағындарын мониторингілеу жүргізілді. Су жолымен радиоактивті ластанудың таралуын шектеу бойынша табиғи эксперименттер жүргізілді.

№ 176 штольня су ағыны арнасында топырақ бөгетін жасау нәтижесінде радионуклидтердің топырақтың үстіңгі қабатымен сіңірілуіне негізделген су ағынын ^{137}Cs және ^{90}Sr радионуклидтерден тазартудың практикалық әдісі әзірленді. «Дегелең», «Балапан» алаңдары мен Сартай-Қора қыстауының аумағында экологиялық-биологиялық зерттеулер жүргізілді [22].

ССП аумағында рұқсат етілген шаруашылық қызметті жүргізу кезінде радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету, ССП аумағында шаруашылық жұмыстар мен зерттеулер жүргізу қауіпсіздігін регламенттейтін ғылыми-техникалық және әдістемелік базаны әзірлеу, сондай-ақ шаруашылық қызметті мониторингілеуді тұрақты негізде ұйымдастыру 2004 жылы «Бұрынғы Семей сынақ полигонының қауіпсіздігін қамтамасыз ету және оның аумағының ерекшеліктерін ескере отырып, шаруашылық қызметті жүргізуді ұйымдастыру» бюджеттік бағдарламасы шеңберінде басталды [23].

Алайда, 2007 жылға қарай ССП-ның жекелеген учаскелерін зерттеп-қарау, ең көп ластанған болса да, полигондағы радиациялық жағдайдың толық көрінісін бермейтіні белгілі болды. Ресми түрде ядролық сынақтар жүргізілмеген, бірақ радиоактивті түсулермен ластануға ұшыраған аумақтардағы ахуал, полигон жерлерін шаруашылық мұқтаждықтарда пайдалануға бола ма және олардың қандай бөлігін және т.б. мәселелер ашық күйінде қалып отыр.

Бұл міндетті шешу үшін 2008 жылдан бастап мемлекеттік бағдарлама шеңберінде ССП аумағын кешенді экологиялық зерттеу бойынша ауқымды жұмыстар басталды [24].

Бұл кітапта Семей сынақ полигоны аумағын көп жылдық кешенді экологиялық зерттеу нәтижелері ұсынылған.

1.4. Сынақ алаңдары

ССП кешенді экологиялық зерттеп-қарау нәтижелерін қарауды және талдауды бастамас бұрын, полигонды кешенді зерттеп-қарау жұмыстары басталар алдында оның аумағының көп бөлігі зерттелмегеніне қарамастан, радиоактивтіліктің негізгі массасы ядролық сынақтар жүргізілетін орындарда шоғырланғанын атап өту қажет. Бұл ретте полигонда ядролық сынақтар ғана емес, сонымен қатар әскери радиоактивті заттектерді сынау, гидроядролық және гидродинамикалық эксперименттер жүргізілді. ССП-да осындай орындар, дәлірек айтқанда, сынақтар өткізілген алаңдар сегіз – «Тәжірибе даласы», «Дегелең», «Балапан», «Сары Өзен», «4», «4А», «Телкем», «Ақтан-Берлі».

Сондықтан біз олар туралы қысқаша айтып өтеміз.

«Тәжірибе даласы» алаңы

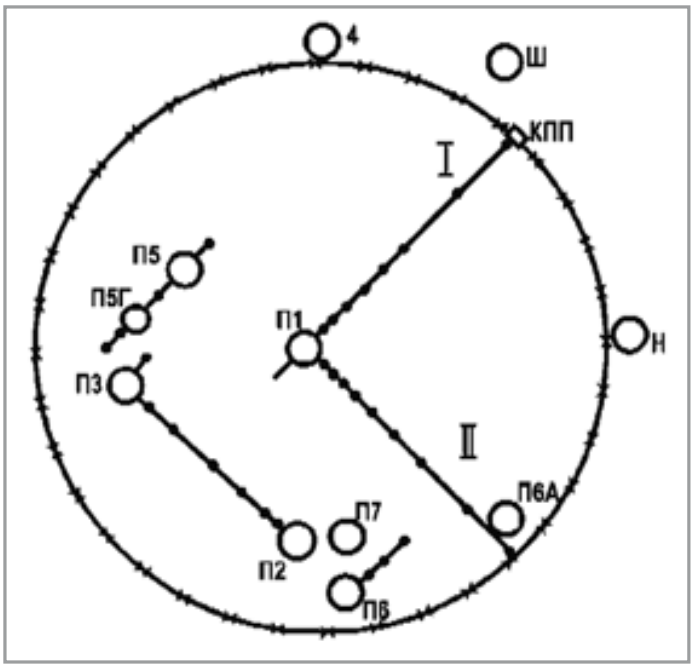
ССП-ның алғашқы және ең танымал сынақ алаңы «Тәжірибе даласы» алаңы болып табылады [1, 3, 8]. Алаң атмосфералық (әуе және жерүсті) ядролық сынақтар мен модельдік ядролық емес-жарылғыш (гидроядролық және гидродинамикалық) эксперименттер жүргізу үшін пайдаланылды. Негізінен, сынақтар ядролық қаруды жетілдіру, оның жұмысының авариялық режимдерін және зақымдаушы факторларды зерттеу шеңберінде жүргізілді. Сондай-ақ алаңда ядролық жарылғыш құрылғылардың жұмысындағы физикалық процестерді ғылыми зерттеу шеңберінде ядролық емес-жарылғыш эксперименттер жүргізілді [3].

«Тәжірибе даласы» сынақ алаңы үш жағынан шағын төбелермен (төбелермен) қоршалған, диаметрі шамамен 20 км жазық болып табылады [1, 3, 25]. Оның ауданы шамамен 270 км^2, ал периметрі шамамен 60 км. Алаңның орталығы Курчатов қаласынан шамамен 60 км қашықтықта орналасқан.

«Тәжірибе даласы» алаңында бірінші кеңестік ядролық сынақ өткізілді – 1949 жылғы 29 тамызда жергілікті уақытпен таңғы сағат 07.00-де «Тәжірибе даласы» алаңының орталығында орналас-

қан П-1 техникалық алаңының аумағында. Мұнда 1953 жылдың 12 тамызында әлемдегі алғашқы РДС-6с термоядролық өнімі сыналды, ал 1955 жылдың 22 қарашасында ұшақтан 2 км биіктікте алғашқы кеңестік сутегі бомбасы жарылды.

Белгілі бір уақыт кезеңінде «Тәжірибе даласы» алаңында бірнеше қосымша техникалық алаңдар салынды (құрылды), олардың қажеттілігі әртүрлі мақсаттағы (авиация, артиллерия, әскери-теңіз флоты және т.б. үшін) ядролық қарудың жаңа үлгілерін әзірлеу санының ұлғаюына және әртүрлі қуаттылықтағы жерүсті ғана емес, әуеде де сынақтар жүргізу қажеттілігіне байланысты ядролық сынақтар жүргізу жиілігінің қарқынды өсуіне байланысты (1.4-сурет) [3, 8].



1.4-сурет. Техникалық алаңдары бар «Тәжірибе даласы» сынақ алаңының тарихи схемасы

1953-1961 жылдары жаңа техникалық сынақ алаңдары салынды: П-2 (жерүсті сынақтары үшін), П-3 (шағын және орта қуатты ядролық бомбаларды әуеде сынау үшін), П-5 (қуаты аз бомбаларды жерүсті сынау және орташа және жоғары қуатты ядролық бомбаларды әуеде сынау үшін), П-7 (қуаты аз ядролық зарядтарды,

гидроядролық сынақтарды, сондай-ақ қуаты 1 кт дейін химиялық зарядтармен эксперименттерді сынау үшін), П-6 және П-6А (ядролық зарядтардың макеттерін сынақтан өткізу үшін [3, 8]), П-2Г (П-2М) (гидроядролық сынақтар жүргізу үшін). Құрылған техникалық алаңдардың әрқайсысы арнайы қоршаусыз шамамен 2 км радиусы бар учаске болды [3].

1949 жылдан 1963 жылға дейінгі кезеңде «Тәжірибе даласы» сынақ алаңында 116 атмосфералық ядролық сынақ жүзеге асырылды, оның 86-ы әуе сынақтары, 30-ы шағын немесе нөлдік биіктікте жүргізілген жерүсті сынақтары болып табылады, бұл ретте 5 жағдайда ядролық құрылғы іске қосылмаған [26, 27, 28, 29, 30]. Бұл сынақтар ССП аумағының жерүсті радиоактивті ластануының негізгі көзіне айналды. Кәдімгі жарылғыш заттектің (тринитротолуол) баламасына қайта есептегенде атмосфералық ядролық сынақтардың жалпы энергия бөлінуі тротил баламасында 6,6 мегатоннаны құрады.

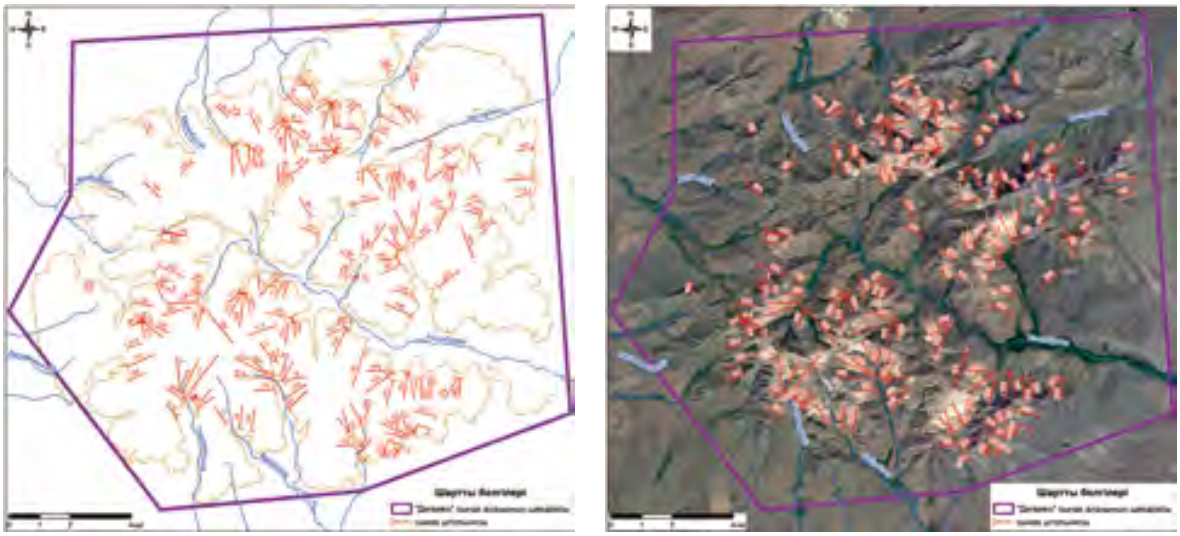
1958-1965 жылдары «Тәжірибе даласы» сынақ алаңының аумағында модельдік ядролық емес-жарылғыш (гидроядролық) эксперименттер сериясы жүргізілді. Гидроядролық эксперименттердің нәтижелері ядролық қаруды сақтау мен пайдаланудың сенімділігі мен қауіпсіздігін қамтамасыз ету мәселелерін талдау үшін маңызды болды [1, 8]. Гидроядролық эксперименттерді жүргізу кезінде маңызды ядролық энергия бөлінісі іс жүзінде болмады, бұл ядролық заряд материалдарының бөліну фрагменттерінің аз мөлшерін қалыптастыруға ықпал етті. Осының салдарынан қоршаған ортаға радиациялық әсер ядролық зарядтың құрамына кіретін ядролық материалдардың дисперсиясы есебінен болды. Модельдік эксперименттер жүргізу кезінде плутоний диспергирленді [29].

«Тәжірибе даласы» алаңы әлі күнге дейін ядролық дәуірдің бірегей ескерткіші болып табылады және ядролық сынақтардың салдарын зерделеу үшін табиғи полигон ретінде үлкен ғылыми қызығушылық тудырады.

«Дегелең» алаңы

1963 жылы 5 тамызда Мәскеу қаласында КСРО, Ұлыбритания және АҚШ үкіметтерінің атмосферада, ғарыш кеңістігінде және су астында ядролық қаруды сынауға тыйым салу туралы келісім-шартқа қол қоюы нәтижесінде (Мәскеу шарты деп те аталады, [31]) ядролық сынақтар жерастына ауыстырылды.

Жерасты сынақтарын өткізуге арналған алғашқы алаң «Дегелең» алаңы болды, ол орташа және аз қуатты ядролық сынақтар жүргізу үшін пайдаланылды [1, 3]. Алаң диаметрі шамамен 17-18 км болатын күмбез тәрізді көтерілу болып табылатын бірдей тау массивінде орналасқан. Жалпы ауданы шамамен 300 км^2 құрайды. «Дегелең» алаңы көлденең тау-кен қазбаларында – штольняларда қуаты 150 кт дейін жерасты ядролық жарылыстар (ЖЯЖ) жүргізілген ССП негізгі сынақ алаңдарының бірі болып табылады (1.5-сурет).



1.5-сурет. «Дегелең» алаңындағы штольнялардың орналасу схемасы

Қуаты 1 кт болатын алғашқы жерасты ядролық жарылысы 1961 жылы 11 қазанда ССП №В-1 штольнясында гранитті массивте жасалды. Бұл эксперименттің негізгі мақсаттары жерасты жарылысындағы ядролық зарядтардың негізгі сипаттамаларын өлшеу мүмкіндіктерін анықтау және физикалық құбылыстарды

физикалық өлшеу әдістерін дамыту мен ядролық жарылыстарды ұзақ уақыт анықтау үшін пайдалану тұрғысынан зерттеу болды.

1961-1989 жылдар аралығында барлығы 181 штольняда 209 ядролық сынақ өткізілді.

Соңғы сынақ 1989 жылы 04 қазанда №169/2 штольнясында жасалды.

Алаңда топтық ядролық жарылыстар жеке қазбаларда (штольняларда), сондай-ақ бір уақытта бірнеше қазбада ядролық құрылғыларды жару кезінде жүргізілді. Алғашқы топтық жарылыс 1966 жылы 03 желтоқсанда №14-ші штольняда екі ядролық құрылғының бір уақытта бұзылуы орын алды. Бір уақытта 2 ядролық құрылғы 43 рет, 3 құрылғы – 16 рет, 4 құрылғы – 5 рет және ең көп саны 5 құрылғы – 2 рет сыналды.

Жерасты ядролық сынақтарын жүргізуге арналған көлденең тау-кен қазбаларында (штольнялар, штректер) 9-50 м^2 қимасы болды, оларда ұңғылау жабдығын орналастыру және қалыпты жұмыс істеу, ядролық зарядтар мен технологиялық жабдық тораптарын тасымалдау, технологиялық жабдық пен кәбілдік коммуникацияларды орналастыру жағдайынан қабылданды (1.6-сурет). Штольняның ұзындығы ядролық заряд орнатылған және 140-тан 1600 м-ге дейін өзгеретін соңғы бокстың қажетті тереңдеуін қамтамасыз ету жағдайынан таңдалды. Қазбалар құрғақ жатқан жыныстарда орналасты, жауын-шашынның қарқынды түсу кезеңінде олардың жарықшақтықтар бойынша инфильтрация есебінен суланыу мүмкін болды. Қазбалардан суды бұру үшін штольнялар мен штректер сағаға қарай 0,004 еңіспен орындалды. Жыныстардың физикалық-механикалық қасиеттері бекітпені тұрғызбай штольнялар мен штректерді ұңғымалау мүмкіндігін қамтамасыз етті. Штольнялардың сағалық бөліктеріне, камералық қазбалар мен үлкен аралықтағы қазбаларға, сондай-ақ тектоникалық бұзылулары бар қазбалардың учаскелеріне ғана бекітілу жасалды.

1.6-сурет. Сынақ жүргізгенге дейін штольняның көлденең қимасы

Әрбір штольняның портал алды алаңында өнеркәсіптік алаң салынды, онда: электровоз депосы, компрессорлық, вагоншаларды түсіруге арналған эстакада, трансформаторлық қосалқы станция, материалдық-техникалық қойма, жерүсті рельстік жолдар орналасты. Кейбір қашықтықта жарылғыш материалдардың шығын қоймасы болды. Тау-кен қазу жұмыстары аяқталғаннан кейін өнеркәсіптік алаң сынақ жабдықтарына арналған алаңға айналды. Ол үшін қосымша: ядролық зарядты түсіруге және жинауға арналған алаң, материалдар мен жабдықтарды жинауға арналған алаң, өлшеу кешендерін орнатуға арналған алаң, қопару автоматикасы кешенін орнатуға арналған алаң, бітеу материалын түсіруге арналған эстакада, жайтартқыш, күзет бекеті салынды. Штольня сағасынан 1-5 км қашықтықта (жарылыс қуаты мен ландшафтқа байланысты) жару автоматикасы мен өлшеу аппаратурасын басқарудың командалық пункті орналасқан [33].

Барлық қажетті жабдықтардан басқа, порталды алаңда ұңғымалау кезінде алынған жыныстардың үйінділері, сондай-ақ сынаудан кейін қалған технологиялық жабдықтардың қалдықтары (сәуле шығару арналары, технологиялық металл конструкциялары, ауа өткізгіштер, рельстік жолдар және т.б.) орналастырылды (1.7-сурет).

1.7-сурет. Порталалды алаңдардың түрі (көрінісі)

Ядролық сынақтардан кейін көптеген штольняларда салдарын зерттеу үшін де, осы штольняларды басқа сынақтарда қай-

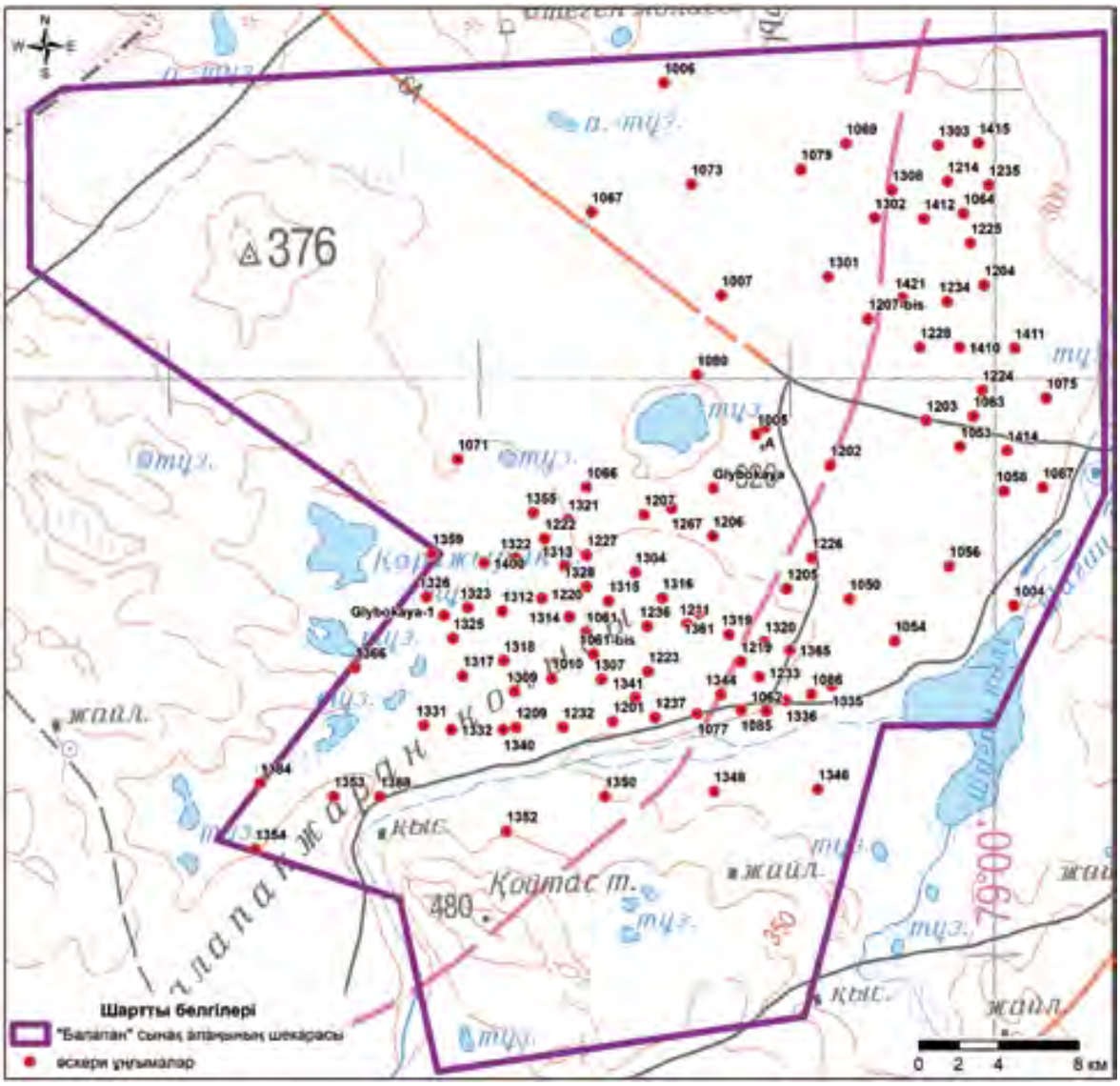
та пайдалану мақсатында да штольня бойын аршу жұмыстары жүргізілді. Бұл ретте құрамында жасанды радионуклидтер бар толтыру материалы штольня бойынан алынды және портал жанындағы алаңда үйінділер түрінде жинақталды. Қазіргі уақытта порталды алаңдардың барлығында дерлік сынақ жүргізумен байланысты техногенді бұзылу іздері бар [33, 34].

«Балапан» алаңы

Жерасты ядролық сынақтары өткізілген тағы бір алаң ССП шығыс бөлігінде орналасқан «Балапан» сынақ алаңы болып табылады. Алып жатқан жер аумағы 780 км^2 шамасында. Сынақ алаңы ұңғымаларда жерасты ядролық жарылыстар мен қарапайым жарылғыш заттарды қолдана отырып модельдік эксперименттер жүргізу үшін пайдаланылды. Осы алаңда барлығы 1965-1989 жылдар кезеңінде 105 ядролық жарылыс, оның ішінде 1965 жылғы 15 қаңтарда жасанды су қоймасын құру бойынша эксперимент шеңберінде топырақ шығарындысымен КСРО-дағы алғашқы жарылыс жүргізілді. Бұл эксперимент сынақ алаңының аумағын ядролық жарылыс өнімдерімен барынша ластады [3].

Дегеленде сияқты, Балапанда да орташа және төмен қуатты ядролық сынақтар жүргізілді, тротил эквивалентіндегі жарылыстардың ауқымы 0,001-ден 20 кт-ға дейін және 20-дан 150 кт-ға дейін екіге бөлінеді. Тәжірибелер жүргізілген ұңғымалардың тереңдігі 240-тан 600 метрге дейін өзгерді.

Ұңғымалардағы атмосфералық ядролық сынақтар мен жерасты ядролық жарылыстарды салыстыру кезінде екінші жағдайда жер беті іс жүзінде радиоактивті ластануға ұшырамайды. Радиоактивті өнімдердің негізгі үлесі жыныс қабатының астында «көмілген» болып қалады. Штаттық радиациялық жағдайы бар ұңғымаларда жерасты ядролық жарылыстар жүргізу кезінде жинақталған радиоактивтіліктің басым бөлігі қазанды қуыстарда шыныланған қорытпада қалады, бетіне инертті газдар түріндегі оның аз ғана бөлігі шығады [35].

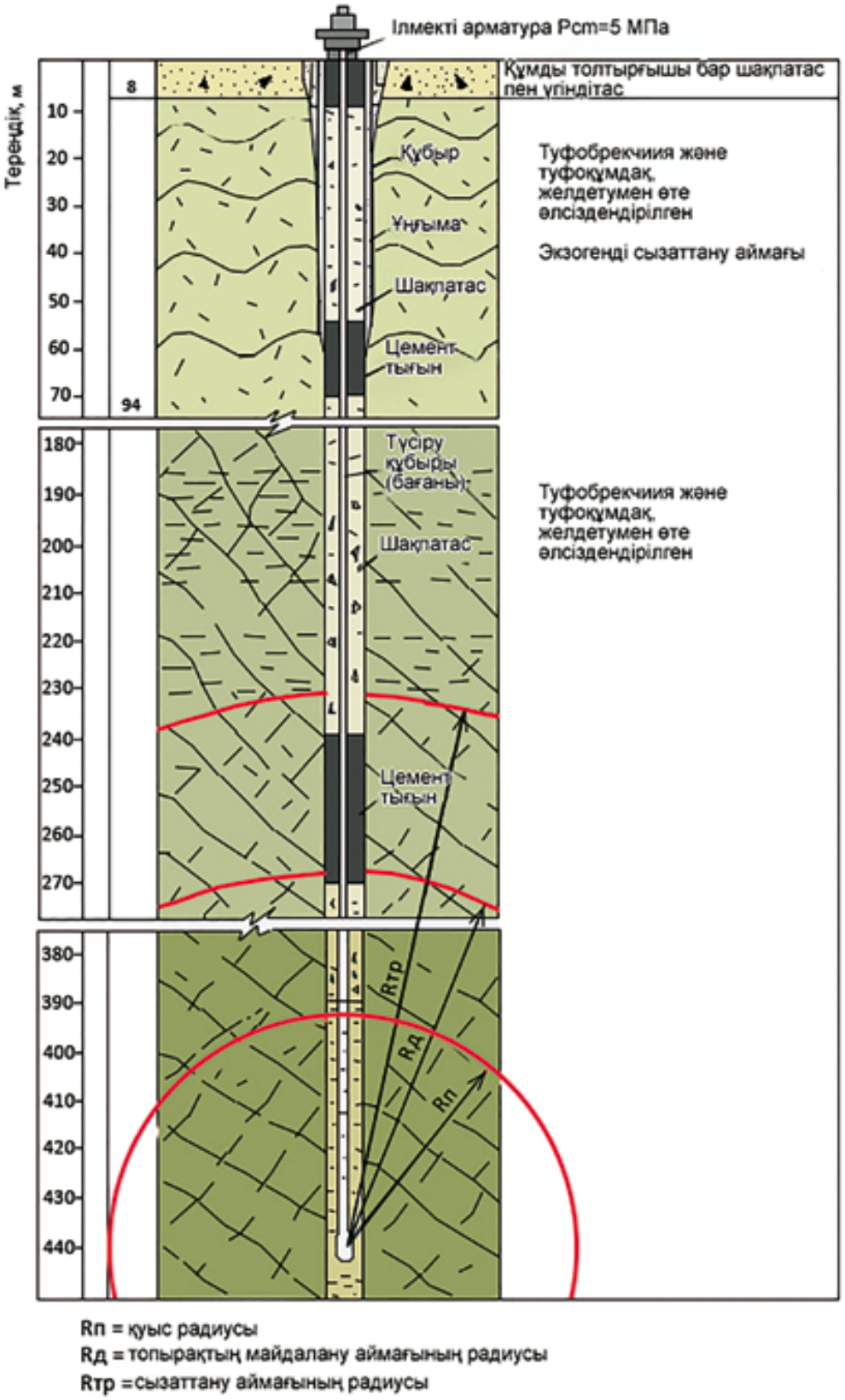


1.8-сурет. «Балапан» алаңындағы ұңғымалардың орналасу схемасы

Жарылыстың радиоактивті өнімдерінің атмосфераға шығарылуын болдырмау үшін ұңғыма арқылы беріктігі жоғары термоэлементтері, демпферлік, газ блоктау құрылғылары және т.б. бар бітеу кешені құрылды (1.9-сурет). Ұңғымалар толығымен цементтелген немесе цемент тығындары олардың арасындағы бос жерлерді қиыршық тас пен құммен толтырған. Кәбіл аралық кеңістікті сенімді цементтеу үшін кәбіл сымдарының арнайы құрылғылары қолданылды. Жарылыспен бұзылмаған топырақ массивінің шегінде газоблоктау құрылғыларын кәбілдерге орнату жүргізілді [3].

Семей қаласынан солтүстік-батысқа қарай 80 км жерде орналасқан Шаған өзенінің жағасындағы үлкен сыйымдылықты суайдынын құру мақсатында термоядролық жарылыс энергиясын бейбіт мақсатта пайдалану жөніндегі алғашқы кеңестік эксперимент болды. «Шаған» деп аталатын жоба 1962 жылы 6 шілдеде Невада штатындағы сынақ полигонында (бұл әлемдегі алғашқы өнеркәсіптік ядролық жарылыс) жүзеге асырылған, қуаты 104 килотонна топырақ шығарындысы ілескен термоядролық жарылыс – «Sedan» американдық жобасының аналогы ретінде ойластырылған. Кеңестік термоядролық зарядты құру кезінде Бүкілресейлік эксперименттік физика ғылыми-зерттеу институтының (ДЭФҒЗИ) мамандары оның «тазалығының» жоғары – «Sedan» құрылғысының 70 % орнына 94 % деңгейіне қол жеткізді. Бұл жарылыс энергиясының 94 % радиоактивті өнімдер бермейтін термоядролық синтез реакцияларымен қамтамасыз етілгенін білдіреді. Қуаты 170 килотонна болатын жасалған жарылғыш құрылғы диаметрі 86 сантиметр және ұзындығы 3 метр болатын металл контейнер болды [2, 36].

Жарылыс Шаған және Ащысу өзендерінің қосылған жерінде ДЭФ ЖҒЗИ мамандарымен № 1004 тік қазбада (ұңғымада) жүргізілді. Жарылыс нәтижесінде тереңдігі 100 м қазаншұңқыр пайда болды, ал тасталған топырақ 20-35 м биіктіктегі қазаншұңқырдың контуры бойымен пайда болды, ол өзен арнасын жауып тастады. Ұңғыманың жанындағы алаңда сынаушылардың тұруы үшін киіз үйлер мен жер үйлерден уақытша кент құрылды. Жарылысты дайындау және өткізу кезінде пайдаланылған жабдықты электрмен қамтамасыз ету жылжымалы электр станцияларының көмегімен қамтамасыз етілді. Ядролық зарядты жаруды басқару пункті мен тіркеу аппаратурасы ұңғымадан 10 км қашықтықта орналасқан [37].



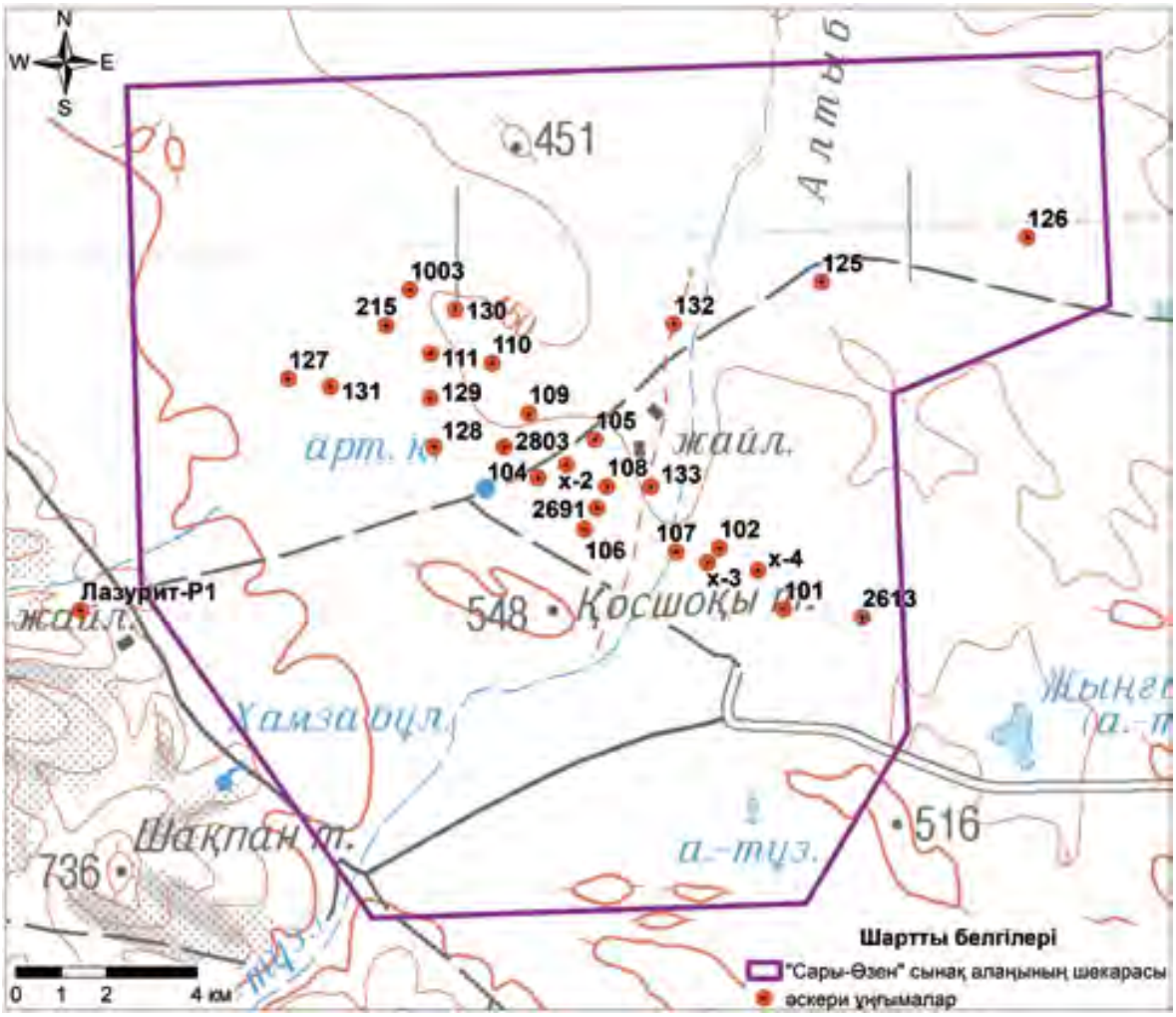
1.9-сурет. Жарылыстың механикалық әсер ету аймақтары көрсетілген ұңғыманың және бітеменің схемасы

1965 жылғы 15 қаңтарда «Балапан» алаңында жүргізілген тәжірибе қуаң дала аудандарында сенімді ауыл шаруашылығы өндірісі үшін суайдыны мен микроклимат жасау мақсатында ядролық жарылыстарды пайдаланудың қағидатты мүмкіндігін көрсетті. Ядролық зарядты дайындаудың, оны ұңғымаға түсірудің, қопаруды басқарудың технологиялық принциптері ұңғымалардағы ядролық зарядтардың кейінгі сынақтарын жобалауға негіз болды. Кеңес ғалымдарының ойынша, шығарындыларға арналған ядролық жарылыстардан қазаншұңқырлар өте ыңғайлы су қоймалары бола алар еді: мұндай резервуарларда көктемгі ағындар жинақталатын еді, ал буланудың шағын айдыны мен балқыған түбі суару, мал шаруашылығы мұқтаждықтары үшін суды сақтауға, аумақтардың тұздануының алдын алуға және т.б. мүмкіндік берер еді. Жалпы көлемі 120-140 млн. $м^3$ 40-қа жуық жасанды суайдынын ядролық жарылыстардың шығарындыларының көмегімен жасау жоспарланған болатын [38].

«Сары-Өзен» алаңы

«Балапан» алаңындағы сынақтармен бір мезгілде ұңғымалардағы жерасты ядролық жарылыстар тағы бір алаңда жүргізілді. 1965-1980 жылдар аралығында ССП оңтүстік-шығыс бөлігінде орналасқан «Сары-Өзен» алаңында 25 «әскери» ұңғымаларда 24 жерасты сынақтары өткізілді [1]. «Сары-Өзен» алаңына тікелей жақын жерде, «Мыржық» тау массивінде жерасты ядролық сынақтарының бірі – «Лазурит» жүзеге асырылды.

Қолда бар деректер бойынша, сынақтардың көпшілігінде жарылыстардың қуаты 20 кт-дан аспаған, сынақтарды жүргізу тереңдігі 50-ден 430 м-ге дейін ауытқыған. Жерасты ядролық жарылыстар нәтижесінде ең жоғары техногендік жүктеме аймағы алаңның ортасында және солтүстік-батыс бөлігінде орналасқан (1.10-сурет) [2].



1.10-сурет. «Сары-Өзен» алаңындағы әскери» ұңғымалар мен арнайы құрылыстар кешендерінің орналасу схемасы

Топырақтың шығарылуы орын алған эксперименттік ядролық жарылыстар – экскавациялық жарылыстар ерекше назар аударуға тұрарлық. Осындай сынақ, атап айтқанда, № 1003 ұңғымада өткізілді. Бұл жарылыс үшін қуаттылығы 1,1 кт болатын арнайы ядролық заряд қолданылды, ол 48 м тереңдікте орналастырылды. Мұндай эксперименттің негізгі мақсаты адамдар мен техниканың кейінгі жұмыстарға қатыспай, қазаншұңқырдан шығарылған топырақ үйіндісі арқылы арна құру мүмкіндігін зерттеу болды. Ол үшін ядролық жарылыс алдында алдын ала болжанатын арнаның орнында радиалды бағыт бойынша кәдімгі химиялық жарылғыш заттектерден құралған заряд салынды. Заряд ядролық жарылыс

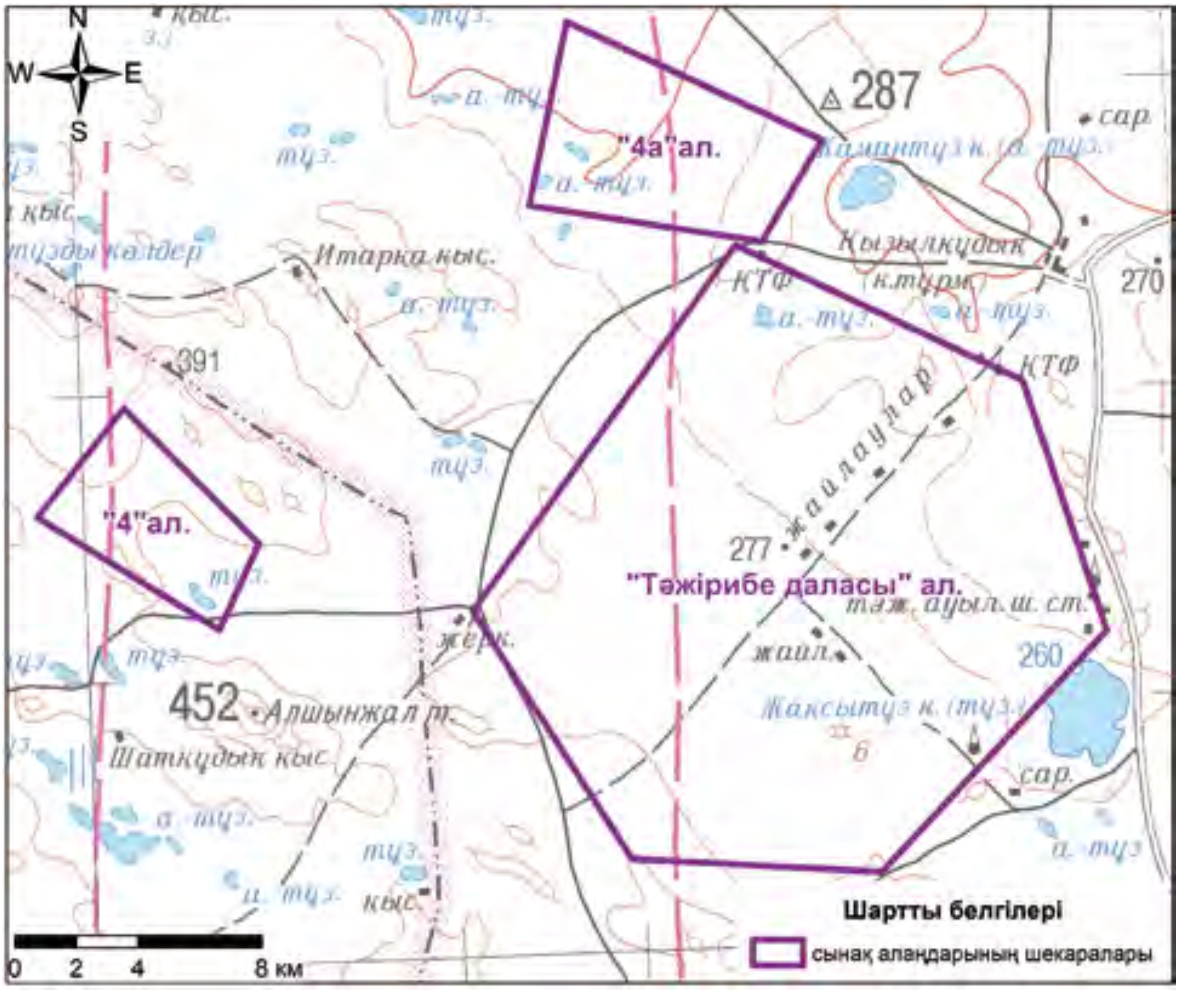
жүргізілгеннен кейін жарылғыш заттектердің заряды топырақ үйіндісінің астында қалатындай есеппен орналастырылды. Содан кейін жарылғыш заттектердің заряды жойылды, нәтижесінде топырақ үйіндісінде, оны сумен жабдықтау арнасы ретінде пайдалануға траншея пайда болды. Осылайша, адамдар мен жер қазу техникасының қатысуынсыз радиоактивті ластанған аймақта сумен жабдықтау арнасын құру мүмкіндігі тәжірибелік түрде көрсетілді.

Ұңғымалардан басқа, «Сары-Өзен» алаңының аумағында радиоактивті ластанудың жергілікті учаскелері бар арнайы құрылыс кешендері бар. Әр кешенде жерүсті және жерасты сияқты 20-ға дейін құрылымдық элементтер болуы мүмкін. Осы объектілерде ядролық отынның ыдырау өнімдері, реакцияға түспеген отын және нейтронды белсендендіру өнімдері табылды [3].

«4» және «4А» алаңдары

ССП аумағында ядролық сынақтар жүргізу есебінен пайда болған радиоактивті ластану учаскелерінен басқа, әскери радиоактивті заттектерді (ӘРЗ) сынау нәтижесінде пайда болған радиоактивті ластанудың елеулі деңгейі бар басқа да орындар бар.

1953 жылдан 1957 жылға дейінгі кезеңде «4» және «4А» сынақ алаңдары әскери радиоактивті заттектерді сынау жөніндегі бағдарламаларды іске асыру үшін плацдарм болып табылды [1]. Сыналатын оқ-дәрілердің негізгі компоненті ұнтақ тәрізді және сұйық рецептуралар түріндегі радиоактивті заттек болды, ол адамдарды жаппай қырып-жоюға, әртүрлі техника, қару-жарақ және қоршаған ортаның басқа да объектілерін ластауға арналды. Қару-жарақтың бұл түрі «радиологиялық қару» деп аталды [4]. Екі алаң да «Тәжірибе даласы» сынақ алаңына тікелей жақын орналасты (1.11-сурет).



1.11-сурет. ӘРЗ сынақтарын жүргізу үшін «4» және «4А» алаңдарының орналасуы

ӘРЗ радиохимиялық өндіріс қалдықтарынан немесе жұмыс істейтін атом реакторының нейтрондарымен арнайы таңдалған компоненттерді сәулелендіру әдісімен, яғни дайындалған белсенділік деп аталатын әдіспен алынды. «4» және «4А» сынақ алаңдарының аумағында радиоактивті рецептура («рецептура 904») пайдаланылды, оның меншіктік белсенділігі оннан бір литрге кюри бірліктеріне дейін ауытқиды [1]. Сынақ жүргізу кезіндегі бөліну сынықтарының «жасы» реактордан шығарылғаннан кейін 3-4 айды құрады. Орташа және жартылай шығарылу кезеңі үлкен бөліну сынықтарынан тұратын «рецептура 904» ӘРЗ-мен эксперименттер жүргізу үшін автомобиль тіркемелеріндегі «4» және «4А» сынақ алаңдарының аумағына шар тәрізді қорғасын контейнерлерінде тасымалданды.

Химиялық авиабомбалардың қабықшалары, құйылатын авиациялық аспаптар, артиллериялық және миномет снарядтары, фугастар осы рецептурамен тәжірибелер жүргізу үшін пайдаланылатын ыдыстар толтырылды (1.12-сурет) [40].

1.12-сурет. Авиациялық снарядты радиоактивті рецептурамен толтыру процесі

ӘРЗ сынақтары жекелеген оқ-дәрілерді қашықтықтан қопару, ұшақтан бомба тастау, артиллериялық-минометті құралдармен немесе құйылатын авиациялық аспаптардың көмегімен жүргізілді. ӘРЗ сынақтарын жүргізу үшін «4» және «4А» алаңдары арнайы нысаналармен жабдықталды. Нысана ретінде қойылатын аумақтың, ауаның және объектілердің ластану дәрежесі мен сипаты белгіленді. Сондай-ақ әртүрлі тәжірибелік жануарлар пайдаланылды [3].

ӘРЗ снарядының жарылуынан және радиоактивті ластану аймағының пайда болуынан кейін ӘРЗ қаруының әскери тиімділігін сипаттайтын параметрлерді өлшеу жүргізілді. Осындай бақылаулардың нәтижелері бойынша радиоактивті іздердің схемалары жасалды, аумақтың ластануының әртүрлі тығыздығы мен сәу-

лелену дозалары бар учаскелердің көлемдері белгіленді. Бұдан басқа, персоналдың ластанған жерлерде болған кездегі әртүрлі режимдердегі сәулелену дозалары анықталды, бұл көбінесе ӘРЗ пайдаланудың әскери тиімділігін сипаттады.

Сынаушыларға радиациялық әсер ету дәрежесін азайту үшін қорғаныс экрандары, жер құрылымдары, сондай-ақ конструкциялары бойынша бірегей операцияларды қашықтықтан орындау құрылғылары қолданылды. Дезактивацияның күрделілігіне байланысты ӘРЗ сынақтарында қолданылатын барлық жабдықтар (ыдыстар, құбырлар, сорғылар және т.б.) бес метрлік топырақ қабатының астына көмілді.

Алаң аумағында әртүрлі техногендік объектілер – траншеялар, фортификациялық құрылыстар, қазаншұңқырлар, сондай-ақ сынақтан өткен қару-жарақтың көптеген металл фрагменттері (миналардың қалдықтары, түрлі авиабомбалар және т.б.) орналасқан. Көптеген жағдайларда табылған металл фрагменттерінде жер бетіндегі радиоактивті ластанудың деңгейі жоғары болды және, шамасы, сыналған ӘРЗ-нің тасымалдағыштары болып табылды [1].

1.13-сурет. Фортификациялық құрылыстардың бірінің және металл бұйымдар фрагментінің түрі

Бұл ретте, ӘРЗ сынақтарын жүргізу процесінде соққы толқыны, жарық сәулесі, енетін радиация және т.б. сияқты ядролық қарудың зақымдаушы факторларымен салыстырғанда ықтимал

қарсыластың адам күшінің осы құралдармен зақымдаудың әскери тиімділігінің төмендігі анықталды.

ӘРЗ сынақтарына байланысты толық және шынайы ақпараттар, оның ішінде барлық пайдаланылған жабдық, техника, арнайы киім және т.б. көмілген учаскелер жайлы деректер ашық көздерде жоқ.

«Телкем» алаңы

1965 жылы «Сары-Өзен» алаңының № 1003 және «Балапан» алаңының № 1004 ұңғымаларында екі экскавациялық жарылыс жүргізілгеннен кейін көп ұзамай мамандардың назарын КСРО-ның арктикалық аудандарынан су алуға болатын осындай арна салу мүмкіндігіне аударды. Осындай жобаны әзірлеу мақсатында ССП оңтүстік-шығыс бөлігінде сыртқы іс-әрекеттегі екі жерасты ядролық сынағын: «Телкем-1» жеке жарылысын және «Телкем-2» топтық сынағын өткізу туралы шешім қабылданды [41].

Бірінші сынақ – бұл 1968 жылы 21 қазанда 31,4 м тереңдікте 0,24 кт қуаты бар «Телкем-1» топырағы сыртқа шығарылуы ілескен бір жерасты ядролық жарылысы (барлық энергия бөлінуі ядролық заряд материалының бөліну реакцияларына байланысты болды). Бұл жарылыстың мақсаты сыртқы іс-әрекеттің топтық жарылысын дайындау және жүргізу кезінде алынған деректерді кейіннен пайдалану үшін механикалық және радиациялық факторлардың параметрлерін зерттеу болды [2, 42].

Жарылыс нәтижесінде эпицентрлік аймақта дұрыс пішінді қазаншұңқыр және сыртқа шығарылған жыныстың үйіндісі пайда болды.

Жарылыс эпицентрінен тау жыныстарының максималды шашырау алыстығы 190 м болды. Қазаншұңқыр жерасты суларымен толтырылды. Су айнасы оңтүстіктен солтүстікке қарай 80 м, батыстан шығысқа қарай 70 м орын алды.

1.14-сурет. «Телкем-1» объектісінің көрінісі

Тау жыныстарының үлкен газдылығына байланысты пайда болған қазаншұңқырдың радиусы есептелген мәннен 25 %, ал тереңдігі 40 % артқанын атап өткен жөн.

«Телкем-1» жарылысынан кейін бұлттың жүрісі бойынша солтүстік бағыттағы жолақ түрінде жергілікті жердің радиоактивті ластануы қалыптасты, оның аумағында түскен радиоактивті өнімдердің мөлшері жарылыс кезінде пайда болған жалпы мөлшерінің 0,2 % аспады. Ұзындығы бірнеше ондаған километр болатын бұл жолақ полигонның тыйым салынған аумағында толығымен «орналасты», яғни оның шегінен шықпады. Жарылыстан төрт ай өткен соң топырақ үйіндісіндегі радиация деңгейі 20 мР/сағ аспады.

1968 жылы 12 қарашада өндірілген «Телкем-2» эксперименттік жарылысының негізгі міндеті өнеркәсіптік мақсаттарда топтық жерасты жарылыстарын жобалау үшін қажетті жарылыстың механикалық және радиациялық әсері туралы деректерді алу болды [43].

«Телкем-2» жарылысындағы тау жыныстарының сипаттамалары «Телкем-1» жарылысымен бірдей болды, өйткені екінші эксперименттің орны «Телкем-1» (2,5 км) объектісіне жақын

жерде таңдалды. Жарылысты жүзеге асыру үшін әрқайсысының тереңдігі 31,4 м ұңғымаларға қуаты 0,24 кт үш заряд орналастырылды, ұңғымалар арасындағы қашықтық 40 м болды.

Үш желілі зарядтың жарылуы нәтижесінде траншея ойығы және шығарылып тасталған жыныстың үйіндісі пайда болды. Топтық жарылыс нәтижесінде пайда болған қазаншұңқыр көп ұзамай жерасты суларына толды.

Қазіргі уақытта қазаншұңқырдың ұзындығы 150 м, ені шамамен 100 м, айналасындағы жер бетінің деңгейіне қатысты үйіндінің биіктігі 17 м.

1.15-сурет. «Телкем-2» объектісінің көрінісі

Осы эксперименттерді жүргізу барысында елдің арктикалық аймақтарынан Еділ өзені мен Каспий теңізінің бассейндеріне су бұру үшін пайдалануға болатын арналарды салу технологиялары пысықталды. Печора-Кама арналарын құру жұмыстарын жоспарлау үшін қажетті маңызды мәліметтер алынды.

«Ақтан-Берлі» алаңы

«Ақтан-Берлі» алаңы полигонның оңтүстік бөлігінде, «Дегелең» алаңының батысына қарай және «Сары-Өзен» алаңының оңтүстік-шығысына қарай орналасқан. Алаңның аумағы жазық, кейде сәл төбелі, Аршалы таулардың сілемдерінде орналасқан.

Бұл алаң гидроядролық эксперименттер жүргізу үшін пайдаланылды. Жалпы, 1958-1989 жылдар аралығында әртүрлі типтегі 89 гидроядролық эксперимент жүргізілді [29]. 68-дің 40-ы П-2Г алаңында [44], қалған 28-і ССП аумағының басқа учаскелерінде, оның ішінде «Ақтан-Берлі» алаңында өткізілді [3, 45]. Осы 28 экспериментті өткізу орындары туралы ақпарат (учаскелердің координаттары не олардың орналасу схемалары) мүлдем жоқ. «Ақтан-Берлі» алаңындағы гидроядролық сынақтар жерастындағы ұңғымаларда 5-30 метр тереңдікте жүргізілгені белгілі [1].

2-ТАРАУ. СЕМЕЙ СЫНАҚ ПОЛИГОНЫН КЕШЕНДІ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕП-ҚАРАУ

Полигонды кешенді экологиялық зерттеп-қараудың басты мақсаты оның қазіргі уақытта адам мен табиғат үшін ұсынатын қауіптілік дәрежесін бағалау болып табылады, басқаша айтқанда, бұл сұраққа жауап – оның аумағында қауіпсіз өмір сүруге бола ма?

Осыдан келіп, осы кітаптағы кешенді экологиялық зерттеп-қарау деп қоршаған ортаның негізгі өмірлік маңызды компоненттерінің: топырақ жамылғысының, атмосфералық ауаның, жерүсті және жерасты суларын қоса алғанда, су ортасының, сондай-ақ адамға дозалық жүктемені кейіннен бағалау үшін өсімдіктер мен жануарлар әлемінің ахуалын зерттеу түсініледі.

Бұл ретте, кешенді экологиялық зерттеп-қарау шеңберінде жоғарыда аталған қоршаған орта объектілеріне әсер етудің радиациялық факторы ғана қаралды және зерттелді. Әдетте, экологиялық зерттеп-қарау табиғатқа әсер ететін барлық зиянды факторларды зерттеуді білдіреді, дегенмен ССП ерекшелігін ескере отырып, ядролық сынақтар жүргізу нәтижесінде пайда болған жасанды радионуклидтерге негізделген радиациялық құрауыш қана зерттелді. Қоршаған орта объектілеріндегі табиғи радионуклидтердің құрамы зерттелмеген.

2.1 Ағымдағы радиациялық ахуалды қалыптастырушы радионуклидтер

Ядролық зарядтың жарылуы кезінде ядролық жарылыс өнімдерінің бастапқы қоспасында 200-ден астам альфа, бета және гамма-сәулелену нуклидтері бар, олардың жартылай шығарылу кезеңдері мен сәулелену энергиясы кең. Негізгі радиациялық қауіп − бұл нуклидтер, олардың ыдырауы нәтижесінде салыстырмалы түрде ұзақ өмір сүретін изотоптар пайда болады.

ССП-да ағымдағы радиациялық жағдайды қалыптастыратын радионуклидтердің түзілу тәсілі бойынша үш негізгі топты бөліп көрсетуге болады:

− радионуклидтер − ядролық материалдардың бөліну өнімдері (бөліну фрагменттері);

− ядролық зарядтың конструкциялық материалдарында немесе оны жару үшін пайдаланылатын жабдықтар кешенінде, сондай-ақ ядролық жарылыс орнындағы топырақта және нейтрондық сәулелену ағынының (пайда болған белсенділік) әсерінен қалған қоршаған ортаның басқа да объектілерінде пайда болған радионуклидтер;

− ядролық зарядтың (бөлінетін материалдардың) реакцияланбаған бөлігі.

Олардың әрқайсысының полигон аумағының радиоактивті ластану сипатына әсері жарылыс түрі (ауа, жерүсті немесе жерасты), снарядтың конструкциялық ерекшеліктері, жарылыс ауданындағы топырақ түрі және оның элементтік құрамы сияқты әртүрлі параметрлерге байланысты болды [46].

Бөліну өнімдері (бөліну жарықшақтары)

Ядролық жарылыс кезінде пайда болған радионуклидтер – ыдырау өнімдері бета-гамма белсенділігіне ие, ол уақыт өте тез төмендейді. Бөлу өнімдерінің құрамы зарядта қолданылатын бөлінетін материалдың түрі сияқты бірқатар факторларға байланысты; жарылыс кезінен өткен уақыт.

Әдеби дереккөздерге сүйене отырып [47] плутоний зарядының бөліну өнімдерінің (^{239}Pu) қазіргі кездегі белсенділігі мен олардың жалпы белсенділікке қосқан үлесі теориялық бағаланды. Зарядтың бұл түрі сынақ ССП-да жүргізілген ядролық қаруда ең көп қолданылатындығына байланысты қарастырылады.

2.1-кесте. ^{239}Pu бөліну өнімінің белсенділігі

Радионуклид	Жартылай ыдырау кезеңі $T_{1/2}$, жыл	A*(59 жыл), Бк/кт	Жалпы белсенділікке үлесі , %
^{79}Se	$6,5\times10^{4}$	$1,17\times10^{7}$	0
^{85}Kr	10,8	$4,4\times10^{10}$	1,3
^{90}Sr	27,7	$5,57\times10^{11}$	23,58
^{93}Zr	$1,5\times10^{6}$	$8,14\times10^{7}$	0
^{93m}Nb	13,6	$2,14\times10^{5}$	0
^{107}Pd	$7,0\times10^{6}$	$2,12\times10^{7}$	0
^{115}In-	$6,0\times10^{4}$	$4,25\times10^{7}$	0
^{121m}Sn	76,0	$8,43\times10^{8}$	0,04
^{125}Sb	2,71	$5,86\times10^{5}$	0
^{129}I	$1,7\times10^{7}$	$3,74\times10^{6}$	0
^{135}Cs	$3,0\times10^{6}$	$6,47\times10^{7}$	0
^{137}Cs	30,0	$1,64\times10^{12}$	68,24
^{144}Nd	$2,4\times10^{5}$	$2,82\times10^{8}$	0,01
^{151}Sm	87,0	$1,61\times10^{11}$	6,70
^{154}Eu	8,6	$1,05\times10^{6}$	0
Жиынтық белсенділік, Бк/кт		**$2,40\times10^{12}$**	**100**
* – әуедегі ядролық сынақтар жүргізуге мораторий енгізілген сәттен (1962-2021 жылдар) өткен ыдырау уақытын (59 жыл) ескере отырып, радионуклидтердің белсенділігі			

Кестеде ағымдағы уақытта ССП-ның радиациялық ластануына және соның салдарынан дозалық жүктеменің қалыптасуына ең үлкен үлес ^{90}Sr, ^{137}Cs және ^{151}Sm сияқты радионуклидтер кіретіні анық көрсетілген, олар барлық радионуклидтердің – бөлу өнімдерінің жиынтық белсенділігінің тиісінше 23 %, 68 % және 7 %-ын құрайды. ^{151}Sm дозалық коэффициенті ауызша қабылдау жолында ^{90}Sr және ^{137}Cs дозалық коэффициенттерімен салыстырғанда екі есе аз, ал ингаляциялық түсу кезінде – ^{90}Sr-ден бір есе аз екенін ескерсек, онда бұл радионуклидті жердің радиациялық ластануы және адамның ішкі және сыртқы сәулеленуінің қалыптасуы тұрғысынан қарастырудан алып тастауға болады [48].

Осыған байланысты ССП кешенді экологиялық зерттеп-қарау шеңберінде радионуклидтерден бөлу өнімдерінен тек ^{90}Sr және ^{137}Cs зерттелді.

Нейтронды белсендендіру өнімдері

Нәтижесінде пайда болған белсенділік нейтрондардың ядролық зарядтың құрылымдық материалдары мен қоршаған орта объектілерінің құрамына кіретін элементтердің изотоптарына әсер етуімен байланысты. Нәтижесінде пайда болған белсенділік мөлшері ядролық зарядтың жарылуы кезінде нейтрондардың шығуына тура пропорционал және радиоактивті ыдырау арқылы уақыт өте келе тез төмендейді.

Радиациялық қармау реакциясы (n, γ) нәтижесінде жарылыс эпицентрінде радиоактивті де, тұрақты изотоптар да түзіледі. Олардың көпшілігі қысқа өмір сүретін, бірақ бөліп айтуға тұрарлық аса маңыздылары – ^{54}Mn, ^{55}Fe, ^{60}Co және ^{152}Eu, ^{154}Eu.

2.2-кесте. Нейтронды белсендендірудің аса маңызды деген өнімдері

Радионуклид	Жартылай ыдырау кезеңі $T_{1/2}$, жыл
^{54}Mn	0,85
^{55}Fe	2,7
^{60}Co	5,3
^{152}Eu	13,5
^{154}Eu	8,6
^{14}C	5730
^{3}H	12,3

Бұл заттектердің атомдары тірі ағзалардың ұлпаларындағы тұрақты сутегі мен көміртекті алмастыра алады және ұзақ мерзімді ішкі сәулелену мен генетикалық мутацияның көзі бола алады.

Бұл ретте ядролық сынақ нәтижесінде пайда болған ^{14}C-тың басым бөлігі (99 %) газ түрінде стратосфераға өтіп, одан әрі жаһандық радиоактивті түсулерді қалыптастырады [49].

ССП аумағындағы ^{3}H жоғары шоғырлануы жерасты ядролық сынақтар жүргізілетін аудандарда жерасты және жерүсті суларында табылды.

Осылайша, қазіргі уақытта нейтронды белсендендіру өнімдері болып табылатын радионуклидтер тек ядролық жарылыстардың эпицентрінде ғана шоғырланған, сондықтан ядролық жарылыс-

тар жүргізілетін орындардан тыс радиациялық жағдайды зерттеуге бағытталған ССП кешенді экологиялық зерттеп-қарауда осы радионуклидтер олардың болмауына немесе өте төмен қалдық белсенділігіне байланысты қаралмады. Ерекшелік –тритий радионуклиді, оның шоғырлануы полигонның кейбір су объектілерінде литріне жүздеген мың Бк құрайды.

Бөлінетін заттектің қалдықтары

Егер ядролық жарылыс кезінде ядролық зарядтың бөлінбеген бөлігінің жалпы белсенділігін бөлу өнімдерінің белсенділігімен салыстыратын болсақ, онда ол салыстырмалы түрде аз болады. Алайда, дәл осы альфа-сәуле шығаратын радиоактивті заттектердің жоғары радиоуыттылығына және олардың ұзақ жартылай шығарылу кезеңіне байланысты айтарлықтай проблемалар туды-руы мүмкін.

Ядролық зарядтың негізін құрайтын материалдар ретінде негізінен ^{239}Pu, ^{235}U және ^{238}U қолданылады. Ядролық қаруда жиі қолданылатын плутоний зарядының құрамын толығырақ қарастырайық.

2.3-кесте. Плутоний негізінде ядролық зарядтың изотопты құрамы [50]

Изотоп	Масса бойынша үлесі, %	Жартылай ыдырау кезеңі T1/2, жыл	Ядролық зарядтың масса бірлігіне деген белсенділігі, Бк/г
^{238}Pu	0,05	87,7	3,2×108
^{239}Pu	93,1	2,4×104	2,1×109
^{240}Pu	6	6,5×103	5,0×108
^{241}Pu	0,8	14,4	3,0×1010
^{242}Pu	0,05	3,7×105	7,3×104

Негізгі бөлігін плутоний ^{239}Pu, ^{240}Pu изотоптары құрайды – бұл ұзақ өмір сүретін радионуклидтер, және жақын перспективада радиоактивті ыдырау салдарынан олардың белсенділігінің өзгеруі болмайды.

Бөлек, ^{241}Pu бөлуге тұрарлық. Бұл жартылай шығарылу кезеңі 14,4 жыл болатын бета-сәуле шығаратын изотоп. Төменде осы изотоптың ыдырау схемасы берілген (алғашқы үш изотоп):

$$^{241}Pu \xrightarrow[14{,}35\ г]{100\ \%} {}^{241}Am \xrightarrow[432{,}2\ г]{100\ \%} {}^{237}Np \xrightarrow[2144000\ г]{100\ \%}$$

^{241}Pu радиоактивті ыдырауы ^{241}Am еншілес ыдырау өнімінің біртіндеп жиналуына әкеледі. ^{241}Am – ^{237}Np радионуклидінің еншілес ыдырау өнімінің жинақталуы ^{241}Am (432 жыл) үлкен жартылай шығарылу кезеңінің салдарынан өте баяу жүреді. ^{241}Am белсенділігінің 90 % ыдырауы үшін шамамен 4300 жыл қажет болады.

Осылайша, жақын перспективада (500 жыл) трансуранды элементтер ішінен радиациялық ластануды қалыптастыруда ең үлкен мәнге ^{239}Pu, ^{240}Pu және ^{241}Am радионуклидтері ие болады, демек, ССП кешенді экологиялық зерттеп-қарау шеңберінде тек осы радионуклидтер ғана өлшенді.

Осылайша, ағымдағы сәтте (2021 жыл) радиациялық ластану және ішкі және сыртқы сәулеленудің қалыптасуы тұрғысынан аса маңызды радионуклидтерді (ядролық жарылыс өнімдерін): ^{137}Cs, ^{90}Sr, $^{239+240}$Pu, ^{241}Am, сондай-ақ суда ^{3}H деп есептеген жөн.

2.2 Полигонға кешенді экологиялық зерттеп-қарау жұмыстарын жүргізу әдістемесі

Әлбетте, ядролық сынақтардың үлкен мөлшері, ал олардың саны 1949-1989 жылдар кезеңінде ССП-да 456 жүргізілген, қоршаған ортаға теріс әсер еткен. 2008 жылы ССП кешенді экологиялық зерттеп-қарау басталғанға дейін жүргізілген зерттеулер полигон жабылғаннан кейін ел алдында тұрған бірінші кезектегі міндеттерді шешуге тиіс болды. Бірінші кезектегі міндеттерге «Бұрынғы ССП шекараларын зерттеу және жайластыру жүргізу», «Ядролық және радиациялық қауіпті объектілердің қауіпсіздігін қамтамасыз ету және таратпау режимін қолдау жөніндегі іс-шараларды жүргізу», «Ядролық қару қызметінің қалдықтарын, радиоактивті және уытты қалдықтарды жою және консервациялау

жөніндегі және радиациялық ластанған аумақтарды ремедиациялау (қалпына келтіру) жөніндегі іс-шаралар кешенін жүргізу» және т.б. жатады. ССП-да осындай сегіз алаң бар. «Тәжірибе алаңы» алаңы – жерүсті ядролық сынақтарын өткізу орны; «Балапан» және «Сары-Өзен» алаңдары – бір жүз метрден бірнеше жүз метрге дейінгі тереңдікте тік ұңғымаларда жерасты ядролық жарылыстарын жүргізу орындары; «Дегелең» алаңы – көлденең тау-кен қазбаларында – «штольняларда» жерасты ядролық жарылыстарын жүргізу орны; «4» және «4А» алаңдары – әскери радиоактивті заттектердің жерүсті сынақтарының орындары (радиоактивті заттектерді жергілікті жерде тозаңдату); «Ақтан-Берлі» алаңы – жер бетінде де, жер астында да арнайы эксперименттер жүргізу орны (арнайы эксперименттер деп ядролық жарылыстарды жүзеге асырмай ядролық материалдарды сынау түсініледі); және «Телкем» алаңы – екі экскавациялық ядролық жарылыстарды өткізу орны (заряд белгілі бір тереңдікте орнатылды және жарылыс кезінде қазаншұңқыр пайда болып топырақ шығарындысы ілесті) деп аталатын «бейбіт» мақсаттарда (қазаншұңқырлар – су қоймаларын, арналарды және т.б. құру) жасалды.

ССП сынақ алаңдарының арасында орналасқан аумақтар, негізінен, зерттеушілердің назарынан тыс қалды. ССП-ның бүкіл аумағы радиоактивті ластануға ұшырады ма, ластануды қандай радионуклидтер қалыптастырды, осы учаскелер орналасқан полигонда радиоактивтіліктің ең жоғары деңгейлері қандай және сайып келгенде, полигонның қандай да бір бөлігінде болу адам үшін қаншалықты қауіпті?

Бұл сұрақтарға жауап беру үшін полигонды толығымен, әрбір бұрышын зерттеп-қарау қажет. Бірақ мұны іс жүзінде қалай жүзеге асыруға болады? Әлемдік практикада әскери ядролық полигондарды зерттеп-қарау тәжірибесі бар, бірақ зерттеулердің әдістері мен көлемдері туралы егжей-тегжейлі ақпаратқа ашық қол жеткізу мүмкін емес. Жалғыз аналогы (радиоактивті ластану ауқымы мен зерттеу дәрежесі бойынша), егер айтуға болатын болса, 1986

жылы Чернобыль АЭС-індегі апаттың салдарынан ластануға ұшыраған аумақ. Алайда, табиғи сипаттағы (әртүрлі климаттық аймақтар, радионуклидтерді тасымалдаушы-бөлшектердің әртүрлі қалыптасуы, пайда болған радионуклидтерді анықтаудың әртүрлі формалары радионуклидтердің қоршаған ортада жақсы әрекетінің себебі болып табылды) және қоғамдық-саяси (Чернобыльды иеліктен шығару аймағында халықты көшіру бойынша іс-шаралар жүргізілді, ССП-да жердің бір бөлігін шаруашылық айналымға беру міндеті тұр, яғни ССП аумағын қоныстандыру) шешілетін міндеттер мен жағдайлардың айырмашылығына байланысты ССП-да бір-бірден зерттеу соған қарамастан, Чернобыль апатының аумағын да, ССП аумағын да зерттеу негізіне халықтың радиациялық қауіпсіздігі алынды.

Демек, ССП кешенді экологиялық зерттеп-қараудағы жалпы тәсіл (әдістеме) полигонның адам үшін радиациялық қауіптілік дәрежесін бағалауға негізделуі тиіс.

Полигонның радиациялық қауіптілігін бағалау кезінде адам полигонда тұрып алуы мүмкін сәулелену дозалары туралы деректерді алу неғұрлым ұтымды болып табылады. Өйткені топырақтағы, судағы, ауадағы радионуклидтердің (ядролық сынақтар жүргізу кезінде пайда болған) құрамы туралы деректер қоршаған ортаның ластану дәрежесі туралы ғана айтуға болады. Бұл полигонның адамдар үшін радиациялық қауіптілігі мәнмәтінінде деректерді түсіндіруде қиындықтар туғызады. Бұл ретте қоршаған ортаның қандай да бір объектілеріндегі барлық радионуклидтер іс жүзінде адамның сәулелену дозасын қалыптастыра алатын иондаушы сәулелену көздері болып табылатынын түсіну қажет.

Осыған сүйене отырып, адамның сәулелену дозалары полигонның радиациялық қауіптілігін анықтауда шешуші фактор болып табылады.

Егер ССП-ны кешенді экологиялық зерттеп-қараудың әдіснамасы туралы жалпы түрде айтатын болсақ, онда оны дәйекті іс-қимылдар (жұмыстар) схемасы түрінде ұсынуға болады.

Зерттеп-қараудың бірінші кезеңінде зерттелетін учаскенің, яғни ССП-ның жалпы сипаттамасы беріледі. Учаскенің жалпы сипаттамасы оның физикалық-географиялық жағдайының сипаттамасын, геоморфологиялық және климаттық сипаттамаларын, табиғи орта – атмосфералық ауа, су және жер ресурстары, геологиялық орта және жер қойнауы, өсімдіктер мен жануарлар дүниесі туралы мәліметтерді қамтиды. Сондай-ақ, ядролық қаруды сынауға арналған және қазіргі уақытта радиациялық қауіп төндіруге қабілетті бұрынғы ССП инфрақұрылымының бір бөлігі болуы мүмкін техногендік объектілер анықталады. Техногендік объектілерді анықтау ғарыш түсірілімдерін далалық дешифрлеу әдісімен орындалады, яғни жерге шығу, объектінің радиациялық параметрлерін сәйкестендіру және өлшеу жүргізіледі.

Зерттеп-қараудың екінші кезеңінде зерттелетін учаскедегі радиациялық жағдайды зерделеу орындалады. Ол үшін қоршаған орта объектілерінде, оның ішінде топырақ жамылғысында, жерүсті және жерасты суларында, атмосфералық ауада, өсімдіктер мен жануарлар дүниесі объектілерінде техногендік радионуклидтердің болуын анықтау бойынша жұмыстар жүргізіледі. Бұдан басқа, егер ол зерттелетін учаскеде жүргізілсе, осы кезеңде ауыл шаруашылығы өнімінде техногендік радионуклидтердің болуын есептік бағалау орындалады. Қоршаған орта объектілеріндегі техногендік радионуклидтер құрамының алынған және есептелген мәндерін тиісті нормативтік құжаттарда келтірілген мәндермен салыстырады.

Үшінші кезеңде – қоршаған ортаның радиациялық ахуалын бағалау нәтижелері бойынша, яғни алдыңғы кезеңнің нәтижелері бойынша зерттелетін жер учаскесінде тұрғындар тұрған және/немесе шаруашылық қызметті жүргізген жағдайда алуы мүмкін сәулелену дозаларын есептеу орындалады. Халықтың сәулелену дозаларын есептеу зерттелетін жер учаскесінде тұратын адамның радиациялық қауіпсіздік дәрежесін бағалау мақсатында жүргізіледі. Зерттелетін жер учаскесінде тұратын адамның радиациялық

қауіпсіздік дәрежесін бағалау үшін негізгі өлшем техногендік радионуклидтерден халықтың орташа жылдық тиімді дозасы болып табылады.

Зерттеп-қараудың төртінші кезеңінде халықтың орташа жылдық тиімді дозасын есептеу деректері негізінде сәулеленудің тиімді дозасы жылына 0,3 мЗв аспайтын жер учаскелері бөлінеді. Бұл жер учаскелері халыққа радиациялық қауіп төндірмейді. Тиісінше, орташа жылдық тиімді дозасының мәні жылына 0,3 мЗв-дан асатын басқа да жер учаскелері бөлінеді. Мұндай учаскелерде шаруашылық айналымға жібермес бұрын ядролық қару сынақтарының салдарын жою жөніндегі іс-шараларды орындау қажет.

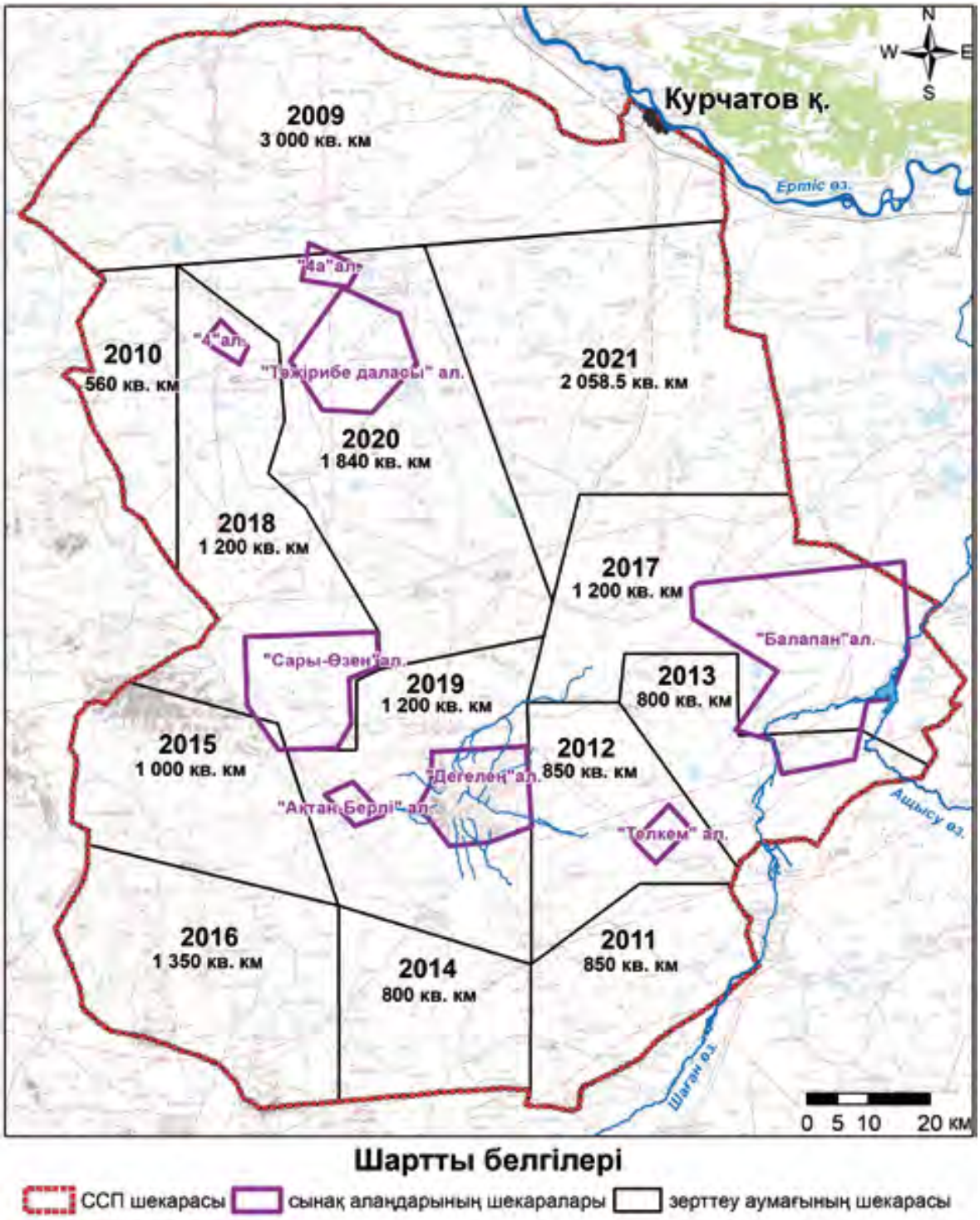
0,3 мЗв/жыл мәні – араласу деңгейі деп аталады, яғни асып кеткен кезде халықтың сәулеленуін шектеу мақсатында қорғау іс-шараларын жүргізу талап етілетін радиациялық әсердің деңгейі. Бұл деңгей «Радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз етуге қойылатын санитариялық-эпидемиологиялық талаптар» гигиеналық нормативтерімен регламенттелген [48].

Зерттеп-қараудың бесінші кезеңінде ядролық қаруды сынау салдарын жою немесе халық үшін радиациялық қауіп төндіретін жер учаскелері үшін радиоактивті-ластанған учаскелерге қол жеткізуді шектеу жөнінде ұсынымдар беріледі.

Алтыншы (қорытынды) кезеңде радиациялық жағдайдың ахуалын 10 жылдан, 50 жылдан және 100 жылдан кейін болжамды бағалау орындалады. Көрсетілген кезеңде радиациялық жағдай нашар жаққа өзгерген жағдайда, осы өзгерістерді болдырмайтын іс-шаралар айқындалады.

ССП-ның барлық аумағын, оның көлемін ескере отырып, кешенді экологиялық зерттеп-қарауды техникалық тұрғыдан жүргізу өте күрделі міндет. Сондықтан полигонның аумағы бөліктермен зерттеліп-қаралды (2.1-сурет). Ол үшін бүкіл аумақ бірнеше (дәлірек айтқанда, он үш) бөлікке бөлінді және әр бөлігі екі жыл ішінде бірдей схема бойынша зерттеліп-қаралды (жоғарыда сипатталған) – бірінші жылы алдын-ала зерттеп-қарау жүргізілді,

екінші жылы нақтыланды. Барлық бөліктерді зерттеп-қарағаннан кейін ортақ есеп жасалды.



2.1-сурет. Жылдар бойынша ССП кешенді экологиялық зерттеп-қарау жоспары

Осылайша, егер біз ССП-ны кешенді экологиялық зерттеп-қарау әдіснамасын бейнелі түрде білдіретін болсақ, онда біз келесідей аламыз:

1) қоршаған орта объектілеріндегі (топырақтағы, ауадағы, судағы және т.б.) радионуклидтердің мөлшерін айқындау;

2) полигонның қандай да бір нүктесінде тұрып/тұрып жатқан адам алуы мүмкін сәулелену дозаларының есебі (1-тармақты орындау нәтижелері бойынша);

3) аумақты «радиациялық қауіпті» және «қауіпсіз» аймақтарға аймақтарға бөлу (2-тармақты орындау нәтижелері бойынша). «Қауіпсіз» сөзі тырнақшаға алынды, өйткені бұл тек радиация туралы, кешенді экологиялық зерттеп-қарау аясында полигондағы басқа да қауіпті факторлар зерттелмеген.

2.3 Топырақ жамылғысының радиациялық ахуалы (беткі қабаты)

Топырақ жамылғысы полигонда ядролық сынақтар жүргізу нәтижесінде радиоактивті ластануға ұшыраған негізгі табиғи экожүйеге айналды. Нақты айтсақ, радиоактивтіліктің ең көп мөлшері әлі де топырақ жамылғысында емес, терең геологиялық формацияларда шоғырланған, өйткені ядролық сынақтардың көпшілігі (340) жерастында және тек 116 – жер бетінде (30 жерүсті және 86 әуе сынақтары) жүргізілген. Алайда, жерасты сынақтарының нәтижесінде радиоактивті элементтер сынақ жүргізу орнында қалды, яғни кейбір сынақтар жүргізу кезінде болған авариялық (штаттан тыс) жағдайларды қоспағанда, радиоактивтіліктің күндізгі бетке жаппай шығуына әкелмеді, алайда бұл да жергілікті жердің радиоактивті ластануына өз үлесін қосты. Бұл ретте, атмосферада жасалған 116 ядролық сынақтың ішінде қоршаған ортаға, негізінен топырақ жамылғысына ең көп әсер еткен жерүсті сынақтары (30 сынақ) болды.

Осылайша, топырақ жамылғысы адамға және оның қызметіне әсерін бағалау тұрғысынан біз адамның сәулелену дозасын

құрайтын негізгі көз ретінде қарастырдық. Сонымен қатар, топырақ жамылғысы сыртқы сәулелену дозасын да (тікелей), ішкі сәулелену дозасын да (жанама түрде), микроскопиялық топырақ бөлшектерін (қарапайым шаң) ингаляциялау арқылы, топырақ-өсімдік-жануар-тамақ өнімдері-адам азық-түлік тізбегі арқылы құрайды.

Топырақ жамылғысын зерттеу кезінде екі негізгі мақсат ізделді – біріншіден, жасанды радионуклидтердің (ядролық жарылыс өнімдерінің) кеңістікте таралуы жайлы түсінік алу, яғни радионуклидтердің жоғары шоғырлану аймақтарын анықтау, олардың мөлшерін, конфигурациясын, кеңістіктегі бағыттылығын анықтау; екіншіден, осы радионуклидтердің топырақ жамылғысындағы құрамының деңгейін анықтау, яғни алаңдық бірлікпен (кБк/м^2) және/немесе меншіктік белсенділікпен (Бк/кг) көрсетілген мөлшерлік деректерді алу.

Енді ССП топырақ қабатын зерттеу технологиясы, зерттеу кезінде қабылданған қолданылатын әдістер мен жорамалдар, ССП аумағын техникалық алаңдардан тыс, яғни ядролық сынақтар тікелей жүргізілмеген аумақтар туралы бірнеше сөз.

Топырақ жамылғысының радиоактивті ластануы полигонда алынған топырақ сынамаларын талдау арқылы бағаланды. Әрине, сынамасыз топырақ жамылғысының радиоактивті ластану деңгейін анықтауға мүмкіндік беретін басқа да әдістер қолданылды, мысалы, жаяу гамма-спектрометриялық түсірілім, «іздеу» режиміндегі радиометриялық түсірілім және т.б., бірақ олардың барлығы, дәлірек айтсақ кішігірім учаскелерді зерттеу үшін дозаланған. Ауқымы 16708,5 км^2 полигонның топырақ жамылғысын зерттеп-қарау, жоғарыда айтылғандай, топырақ сынамаларын зертханалық талдау әдісімен жүргізілді.

Топырақ жамылғысының радиоактивті ластануын сипаттау үшін топырақ сынамаларын алу кезінде үш негізгі болжам болды.

Біріншіден, топырақ сынамаларын алу кезінде «шаншу» – жердегі сынамаларды нүктелік іріктеу әдісі қолданылды. Бұл жаг-

дайда белгілі бір жерде таңдалған әрбір үлгі белгілі бір ауданды сипаттайды деген болжам қабылданды. Мысалы, егер сынамалар желінің тораптық нүктелерінде 1×1 км іріктелсе, онда әрбір сынама зерттелетін учаске алаңының 1 квадрат километрін, мысалы, зерттелетін учаскедегі топырақ типтері арасында айырмашылықтар бар-жоғына немесе олар ұқсас топырақтарға қарамастан сипатталды. Өйткені, мұндай айырмашылықтар радионуклидтердің жер жамылғысында таралуына айтарлықтай әсер етуі мүмкін. Бірақ, соған қарамастан, мұндай тәсіл қабылданды.

Екіншіден, топырақ сынамасын алу 5 см тереңдікке орындалды. мұнда топырақ жамылғысындағы жасанды радионуклидтердің барлық көлемі оның жоғарғы бес сантиметрлік қабатында болады деген болжам қабылданды. Полигондағы радионуклидтердің тереңдік дәрежесі мәселесі кітаптың келесі бөлімінде қарастырылады.

Үшінші, ең бастысы, топырақ үлгілері біркелкі желінің түйіндік нүктелерінде таңдалды. ССП-ның бүкіл аумағы шартты түрде 1 км квадраттарға бөлінді және осындай квадраттың әрбір бұрышында топырақ сынамасы алынды. Бұл өте танымал әдіс және негізінен белгісіз кеңістіктік ластану құрылымы бар жерлерде қолданылады. Осы әдістегі квадраттар жағының мөлшері зерттелетін учаскенің көлеміне байланысты болады. Осы әдіс арқылы алынған нәтижелер бастапқы/негізгі болып саналады, олар қосымша, нақтылайтын зерттеулер үшін негіз бола алады. Бұл жағдайда квадраттардағы радиоактивті ластану біркелкі/сызықты өзгереді деген болжам қабылданды. Басқаша айтқанда, өлшенген екі нүктенің арасында осы екі нүктеге қарағанда жоғары немесе төмен деңгейдегі радиоактивті ластану болмайды деп болжанады.

ССП топырақ жамылғысының радиациялық ахуалын бағалау нәтижелерімен таныспас бұрын радиациялық ахуал деп төрт радионуклидтің – ^{137}Cs, ^{241}Am, ^{90}Sr және $^{239+240}Pu$, яғни полигонның топырақ жамылғысындағы санамаланған радионуклидтердің мөлшері (кБк/м^2) алаңдық белсенділігі тұспалданатынын

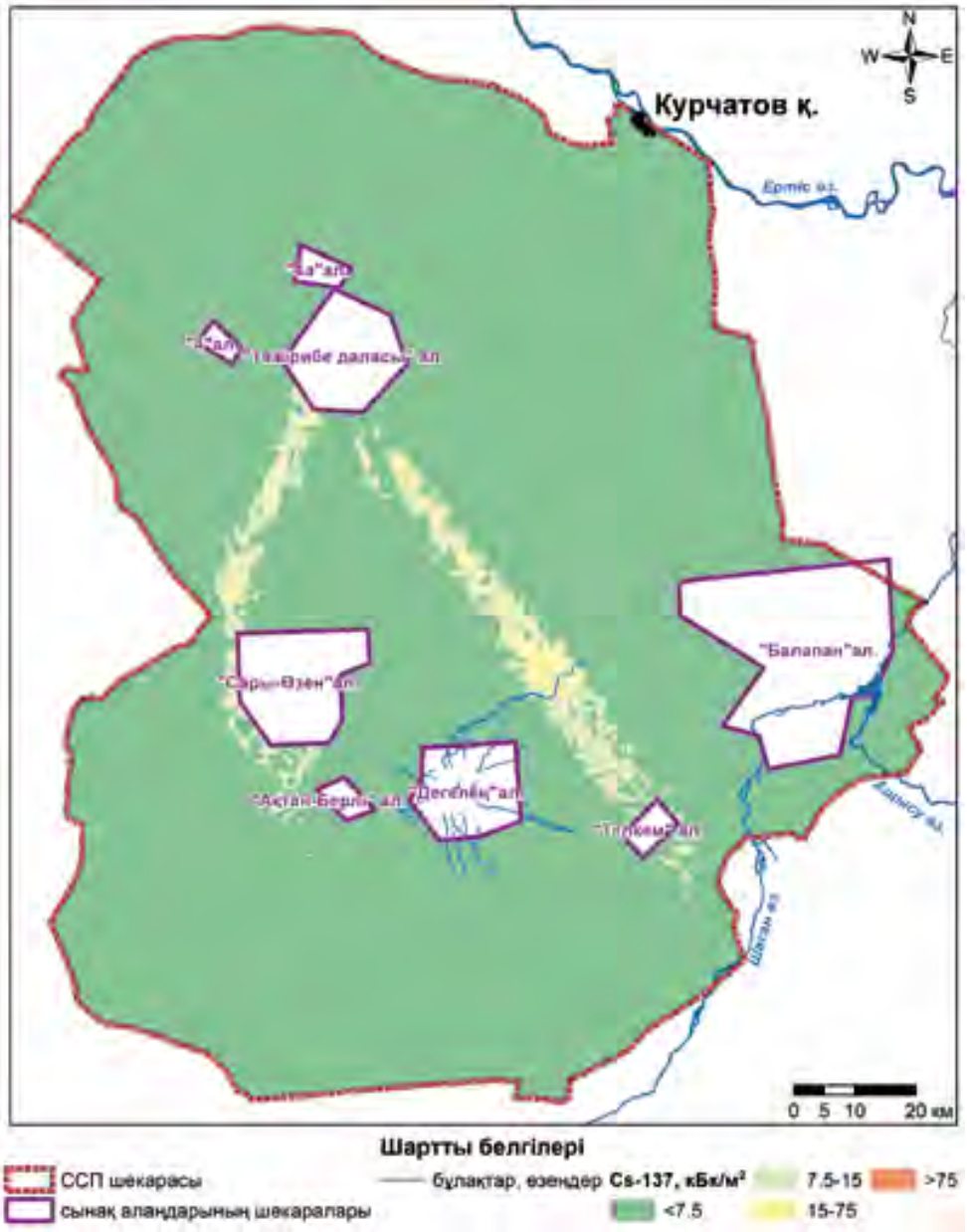
түсіндіру қажет. Неліктен бұл радионуклидтер? Аталған радионуклидтер жартылай ыдырау кезеңі 30 жылдан он мың жылға дейінгі ядролық сынақтардың ұзақ өмір сүретін өнімдері болып табылады. Ядролық сынақтар кезінде пайда болған басқа радионуклидтер не толығымен ыдырады, не топырақтағы олардың белсенділігінің қалдық мәндері соншалықты аз, сәулелену дозаларын есептеу кезінде оларды елемеуге болады (осы ақпарат ағымдағы радиациялық жағдайды қалыптастыратын радионуклидтердің 2.1-бөлімінде толығырақ сипатталған). Сонымен, неге жекелей ^{239}Pu және ^{240}Pu емес, неге $^{239+240}$Pu? Бұл плутонийді талдау үшін қолданылатын өлшеу радиохимиялық әдісінде осы екі изотопты бөлу мүмкін еместігіне байланысты, сондықтан олардың жалпы белсенділігі ескерілді, әсіресе олардың радиациялық және химиялық қасиеттері бойынша іс жүзінде ешқандай айырмашылық жоқ (бұл радиациялық қауіпсіздіктің практикалық міндеттерін білдіреді).

Бұдан басқа, осы бөлімде сынақ алаңдарынан тыс, яғни ядролық сынақтар тікелей жүргізілмеген аумақтардағы топырақ жамылғысының радиациялық ахуалы сипатталады. Шын мәнінде, мұнда ССП аумағына ядролық сынақтардың әсер ету салдарын зерттеу нәтижелері ұсынылған.

ССП топырақ жамылғысының радиациялық жағдайын бағалауды ^{137}Cs аудан белсенділігінің таралуынан бастаймыз.

Радионуклидтердің алаңдық белсенділігінің таралу карталарын құру үшін 18 мыңнан астам топырақ үлгілерінің гамма-спектрометриялық және радиохимиялық талдауларының нәтижелері пайдаланылды.

24.09.1951 жылы (38 кт), 12.08.1953 жылы (400 кт) жүргізілген жерүсті ядролық сынақтары «Тәжірибе даласы» алаңынан оңтүстік-шығыс және оңтүстік бағыттарда ССП шекарасына дейін созылған және одан тыс шыққан радиоактивті түсулердің іздерін қалыптастырды. «Іздердегі» ^{137}Cs алаңдық белсенділік диапазоны 7,5-тен 104 кБк/м^2-ге дейін құрады. Қалған аумақта – 7,5 кБк/м^2 кем.



2.2-сурет. ССП топырақ жамылғысындағы ^{137}Cs алаңдық белсенділігінің таралу картасы

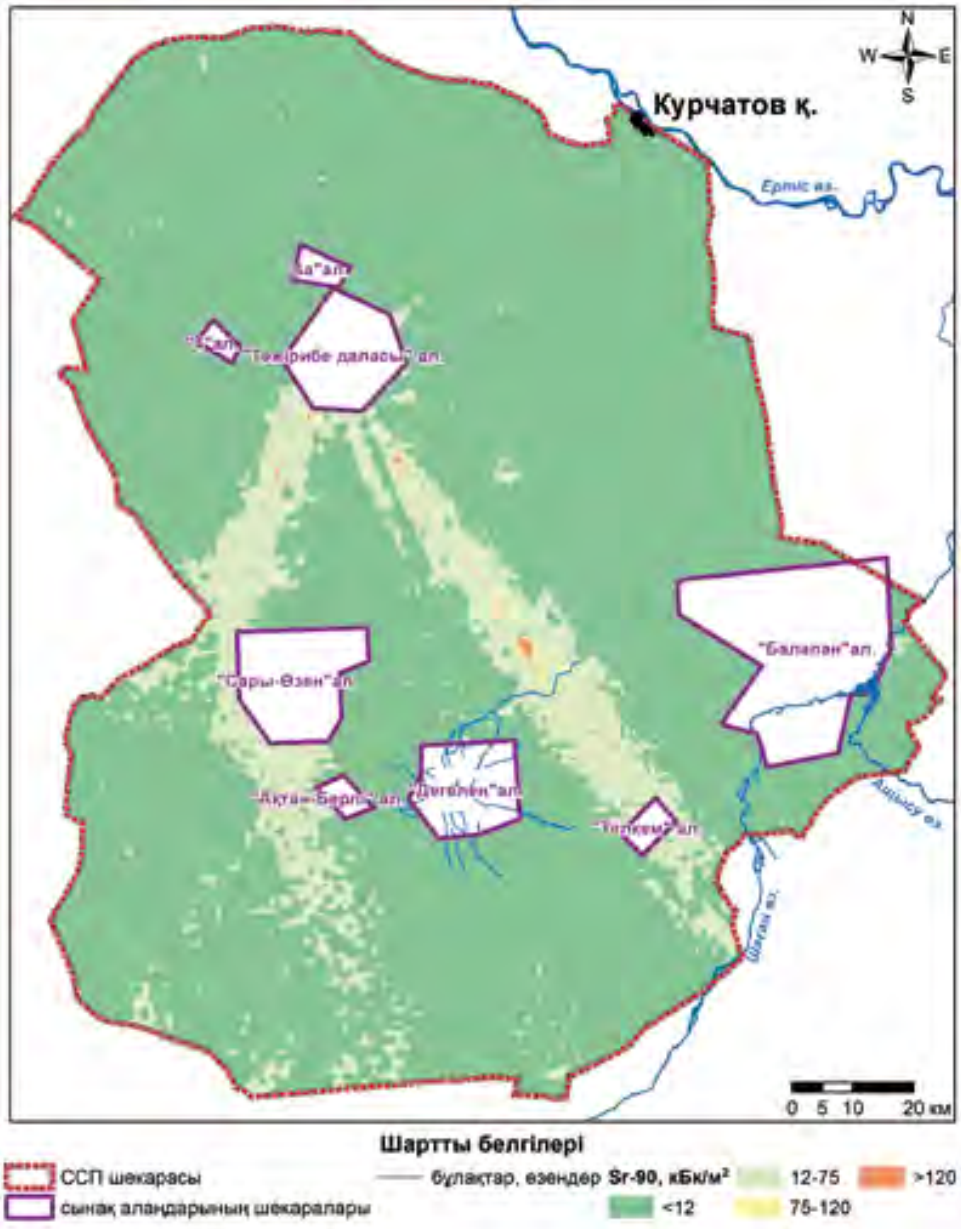
Анықтама. *«Аумақтардың экологиялық жағдайын бағалау критерийлеріне» сәйкес, ^{137}Cs алаңдық белсенділігі 0-ден 75 кБк/м^2 диапазонында болатын аумақтар «Салыстырмалы түрде қанағаттанарлық жағдайға» ие аумақтарға, 75-тен 400 кБк/м^2-ге дейінгі аумақтар «Төтенше экологиялық жағдайға» ие аумақтарға, 400 кБк/м^2-ден жоғары аумақтар «экологиялық апат» аумақтарына жатады. [51].*

Радиоактивті түсулердің әрбір осындай ізінің ұзындығы полигон шегінде 80-100 км құрады. Бұл ретте полигонда (сынақ алаңдарынан тыс), тіпті радиоактивті түсулердің осы іздерінде де «Экологиялық жағдайды бағалау критерийлері» жіктемесі бойынша топырақтағы ^{137}Cs құрамы осындай аумақтарды «экологиялық апат» аумақтарына жатқызуға болатын деңгейден асатын, ал «төтенше экологиялық жағдайы» бар аумақтарға жатқызуға болатын жердің жиынтық ауданы шамамен 3 км^2 [51] құрайтын учаскелер жоқ екенін атап өткен жөн.

Полигон аумағында ^{90}Sr таралудың сипаты ұқсас.

Радионуклидтер де, ^{137}Cs те, ^{90}Sr де плутонийдің ядролық ыдырау өнімдері (немесе ядролық зарядтың құрамына байланысты уран), екеуінің де прекурсорлары инертті газдар – ^{137}Xe, жартылай шығарылу кезеңі 3,9 мин және жартылай шығарылу кезеңі шамамен 3 мин болатын ^{90}Kr. Осы радионуклидтер түзілуінің ядролық-физикалық сипаттамаларының ұқсастығы олардың ядролық жарылыстан кейін жер бетіне таралуының ұқсастығын негіздейді. Әрине, олардың қоршаған ортадағы одан әрі әрекеті әртүрлі болады, бірақ оларды іс жүзінде олардың арасындағы белсенділіктің арақатынасын қолдана отырып, жерсеріктік-элементтер ретінде қарастыруға болады.

^{90}Sr топырақ жамылғысының радиоактивті ластануы «Тәжірибе даласы» алаңынан оңтүстік-шығыс және оңтүстік бағыттарда созылған радиоактивті түсулердің бірдей екі ізі түрінде ұсынылған. Осы іздердегі ^{90}Sr алаңдық белсенділік диапазоны 12-ден 344 кБк/м^2-ге дейін құрады. Қалған аумақта – 12 кБк/м^2 кем.



2.3-сурет. ССП топырақ жамылғысындағы ^{90}Sr алаңдық белсенділігінің таралу картасы

Анықтама. *«Аумақтардың экологиялық жағдайын бағалау критерийлеріне» сәйкес алаңдық белсенділігі ^{90}Sr 0-ден 120 кБк/м^2 диапазонында болатын аумақтар «Салыстырмалы түрде қанағаттанарлық жағдайдағы» аумақтарға, «Төтенше экологиялық жағдайы» бар аумақтарға – 120-дан 630 кБк/м^2 дейінгі аумақтарға, «экологиялық апат» аумақтарына – 630 кБк/м^2 асатын аумақтарға жатады [51].*

^{90}Sr жағдайында, сондай-ақ ^{137}Cs жағдайында полигонда (сынақ алаңдарынан тыс), тіпті ядролық сынақтардан радиоактивті түсулер іздерінде де экологиялық жағдайды бағалау критерийлерін жіктеу бойынша топырақтағы ^{90}Sr құрамы осындай аумақтарды «экологиялық апат» аумақтарына жатқызуға болатын деңгейден асатын, ал «төтенше экологиялық жағдайы» бар аумақтарға жатқызуға болатын жердің жиынтық ауданы 18 км^2 құрайтын учаскелер жоқ.

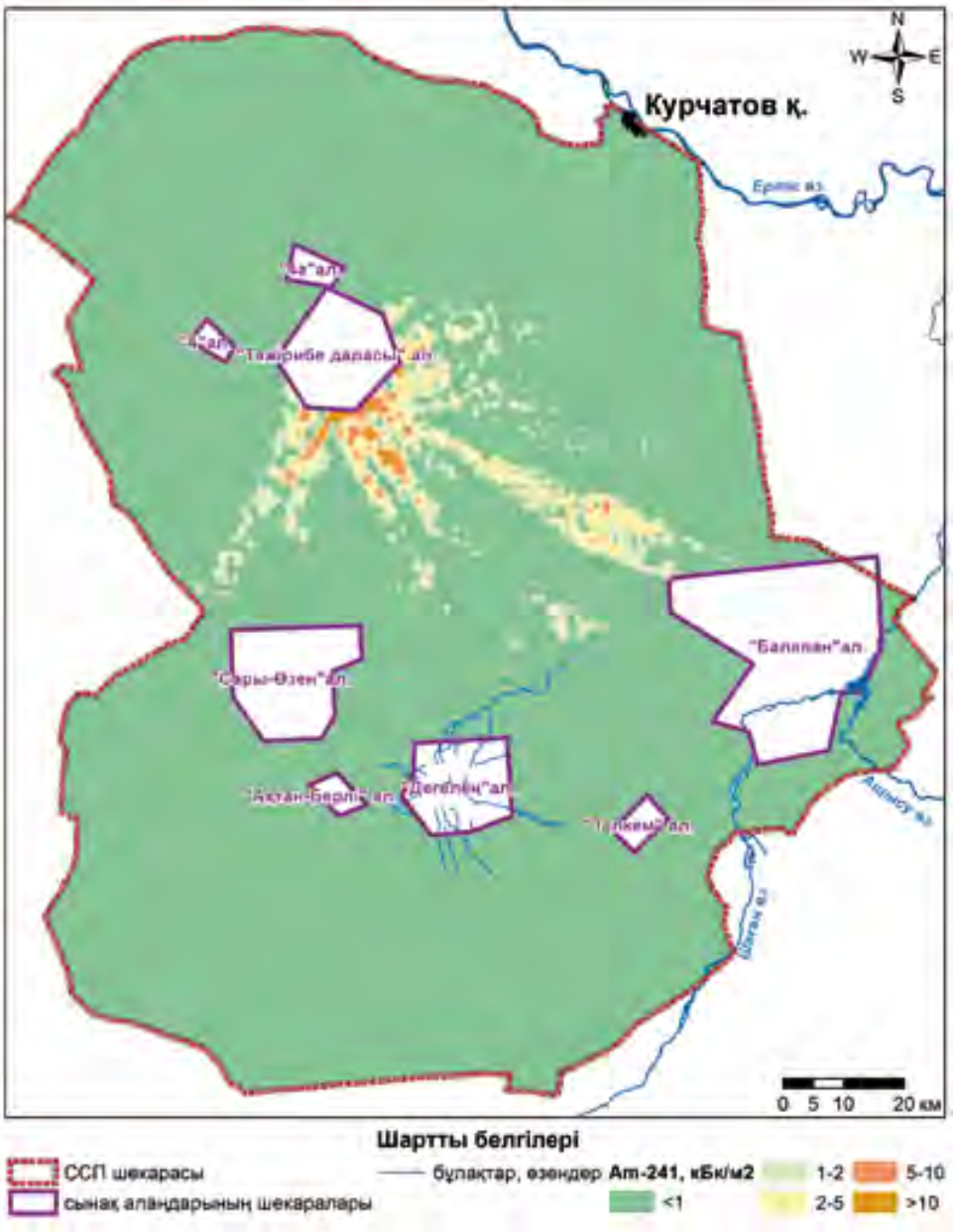
Зерттелетін радионуклидтердің тағы бір тобы – ^{241}Am және $^{239+240}$Pu. ССП-ның плутоний изотоптарымен радиоактивті ластануы ядролық сынақтар жүргізілгеннен кейін қалыптасты. Ядролық бомба зарядындағы плутонийдің негізгі изотопы табиғи немесе байытылған уранды нейтрондармен ұзақ уақыт сәулелендіру кезінде пайда болатын ^{239}Pu болып табылады. Плутонийдің басқа изотоптарының шығу тегі жалпы түрде келесідей ұсынылуы мүмкін: ^{239}Pu нейтрондарын алу кезінде зарядта 240-242 массалық мөлшері бар плутонийдің ауыр изотоптары пайда болады. Әдетте ядролық заряд материалындағы ^{239}Pu құрамы 90-95 %, ^{240}Pu – 1-7 %, басқа изотоптардың құрамы он пайыздан аспайды. Яғни плутоний – (240-242) изотоптары қоспалар болып табылады [52].

^{241}Pu β-ыдырауы кезінде ^{241}Am пайда болады. Сонымен қатар, ^{241}Pu белгілі бір арақатынаста $^{239+240}$Pu-ға ядролық зарядтың құрамына кіреді (қоспа ретінде), сондықтан жарылыстан кейін оның әрекеті, сондай-ақ ядролық заряд материалының құрамына кіретін басқа плутоний изотоптары қоршаған орта объектілерінде $^{239+240}$Pu-мен бірдей болады, өйткені ол бірдей химиялық элемент – плутоний.

Шын мәнінде, ядролық зарядта ^{241}Am пайда болуының мұндай белгілі механизмі плутонийдің ластануын бағалау үшін оның қоршаған орта объектілеріндегі құрамы туралы мөлшерлік деректерді пайдалануға мүмкіндік береді. Әр түрлі ядролық зарядтар үшін арақатынас әр түрлі болатыны анық. Шын мәнінде, бұл

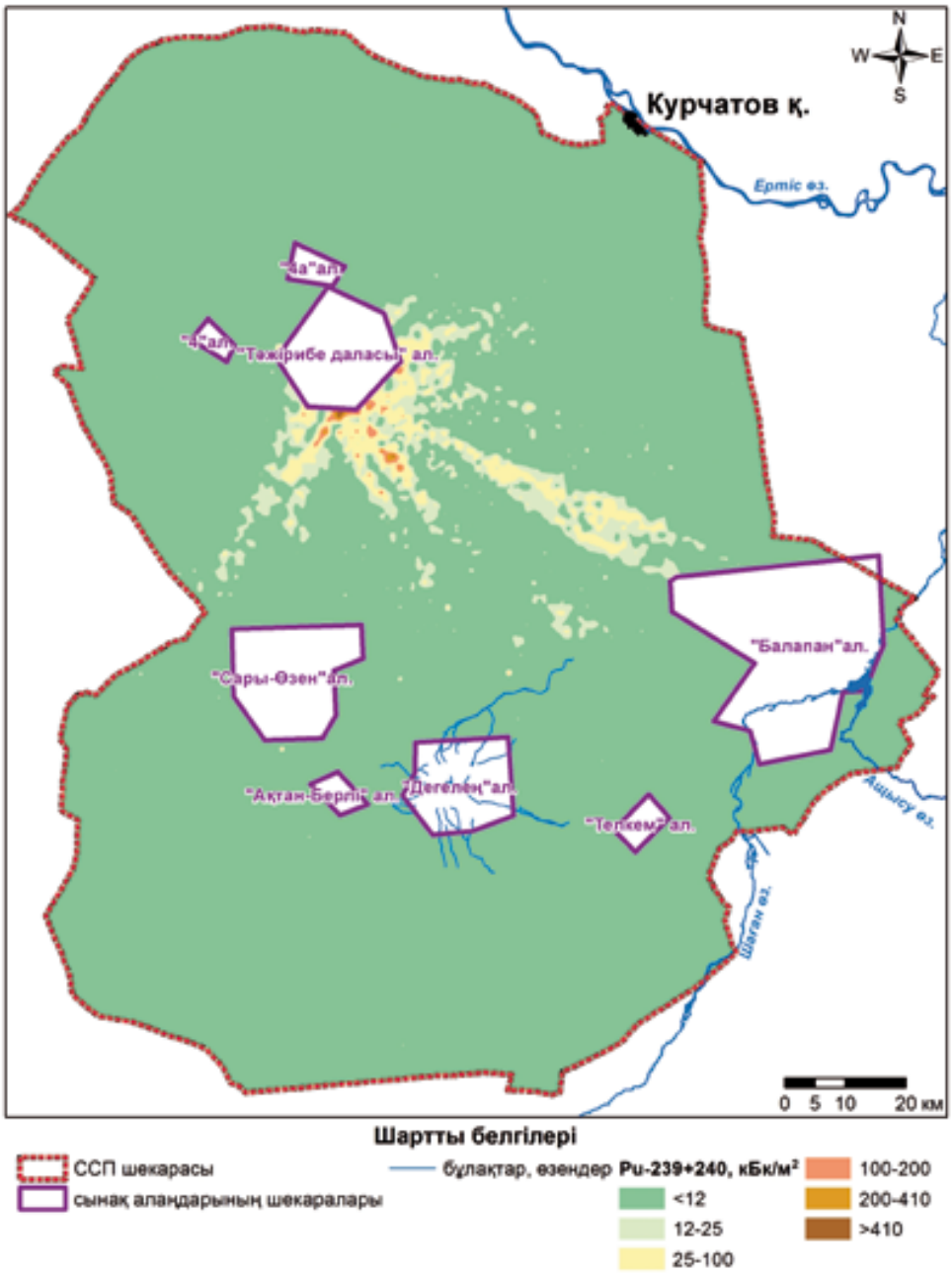
жердің плутониймен радиоактивті ластануын ^{241}Am шоғырлануын өлшеу арқылы бағалауға негіз береді.

Бұл жағдайда зерттелетін аймақтың топырақ жамылғысындағы ^{241}Am және $^{239+240}$Pu әрекеті айтарлықтай ерекшеленбейтіні қабылданады.



2.4-сурет. ССП топырақ жамылғысындағы ^{241}Am алаңдық белсенділігінің таралу картасы

Басқаша айтқанда, ядролық жарылыстан кейін жер бетіндегі ^{241}Am және $^{239+240}$Pu таралуы ұқсас болады, бірақ ^{137}Cs және ^{90}Sr сияқты ядролық жарылыстың ыдырау өнімдерінің таралуынан айтарлықтай ерекшеленеді.



2.5-сурет. ССП топырақ жамылғысында $^{239+240}$Pu алаңдық белсенділігінің таралу картасы

Топырақ жамылғысының ^{241}Am радиоактивті ластанудағы, цезий мен стронцийден айырмашылығы, «Тәжірибе даласы» алаңынан радиалды түрде бөлінетін сәулелер түрінде көптеген аймақтармен ұсынылған. Шын мәнінде, мұндай ^{241}Am кеңістіктік таралуы және онымен бірге плутоний изотоптары күтілді, өйткені бұл радионуклидтердің жер бетіне түсуінің негізгі көзі жердегі ядролық сынақтар болды, олар «Тәжірибе даласы» алаңында жүргізілді.

Іздердегі ^{241}Am алаңдық белсенділігінің диапазоны 1,0-ден 78 кБк/м^2 құрады. Қалған аумақта – 1,0 кБк/м^2 кем.

Іздердегі $^{239+240}$Pu алаңдық белсенділігінің диапазоны 12-ден 774,54 кБк/м^2 құрады. Қалған аумақта – 12 кБк/м^2 кем.

Анықтама. *«Аумақтардың экологиялық ахуалын бағалау критерийлеріне» сәйкес ^{241}Am алаңдық белсенділігі 0-ден 490 кБк/м^2 диапазонында болатын аумақтар «салыстырмалы түрде қанағаттанарлық жағдай» орын алған аумақтарға, 490-нан 2500 кБк/м^2-ге дейін – «төтенше экологиялық жағдай» орын алған аумақтарға, 2500 кБк/м^2-ден жоғары – «экологиялық апат» аумақтарына жатады. $^{239+240}$Pu алаңдық белсенділігі 0-ден 410 кБк/м^2 дейінгі диапазонда болатын аумақтар «салыстырмалы түрде қанағаттанарлық жағдай» орын алған аумақтарға, 410-нан 2080 кБк/м^2-ге дейінгі аумақтар «төтенше экологиялық жағдай» орын алған аумақтарға, 2080 кБк/м^2-ден жоғары аумақтар – «экологиялық апат» аумақтарына жатады. [51].*

^{241}Am және $^{239+240}$Pu өлшеу нәтижелері полигонда (сынақ алаңдарынан тыс) «Аумақтардың экологиялық жағдайын бағалау критерийлері» жіктемесі бойынша топырақтағы осы радионуклидтердің құрамы осындай аумақтарды «экологиялық апат» аумақтарына жатқызуға болатын деңгейден асатын, ал «төтенше экологиялық жағдай» орын алған аумақтарға жатқызуға болатын жерлердің жиынтық алаңы шамамен 2 км^2 құрайтын учаскелер жоқ екенін көрсетті. [51].

Қорытынды

Осылайша, ССП топырақ жамылғысының радиациялық ахуалы туралы айта отырып, сынақ алаңдарынан тыс жерде нормативтен тыс жерүсті радиоактивті ластануы бар учаскелер бар деп айтуға болады. Бұл учаскелер жердегі ядролық сынақтардан радиоактивті түсулер нәтижесінде пайда болды.

2.4 Радионуклидтердің топырақ бейінінің тереңдігі бойынша таралуы

Радионуклидтердің топырақ бейінінің тереңдігі бойынша таралуын зерттеу олардың топырақтағы қозғалғыштығы туралы түсінік береді, бұл өз кезегінде өсімдіктер үшін және одан әрі адамдар үшін азық-түлік тізбегі бойынша радионуклидтердің биологиялық қол жетімділік дәрежесін анықтайды.

Ядролық жарылыстар нәтижесінде пайда болған жасанды радионуклидтердің топырақ жамылғысына ену тереңдігі екі негізгі факторға байланысты: радионуклидтердің табылу формалары, бұл жағдайда топырақтарда және топырақ түрлерінде. Әрине, аймақтың климаттық жағдайлары, радионуклидтерді өсімдіктер мен микроағзалармен қайта бөлу процестері, жерасты суларының деңгейі және т.б. сияқты басқа да факторлар бар, бірақ олардың барлығы белгілі бір дәрежеде топырақ жамылғысының қалыптасуына қатысады, топырақ түрлерінің алуан түрін құрайды.

Сондықтан ССП топырақ жамылғысы туралы сөз айта кету керек.

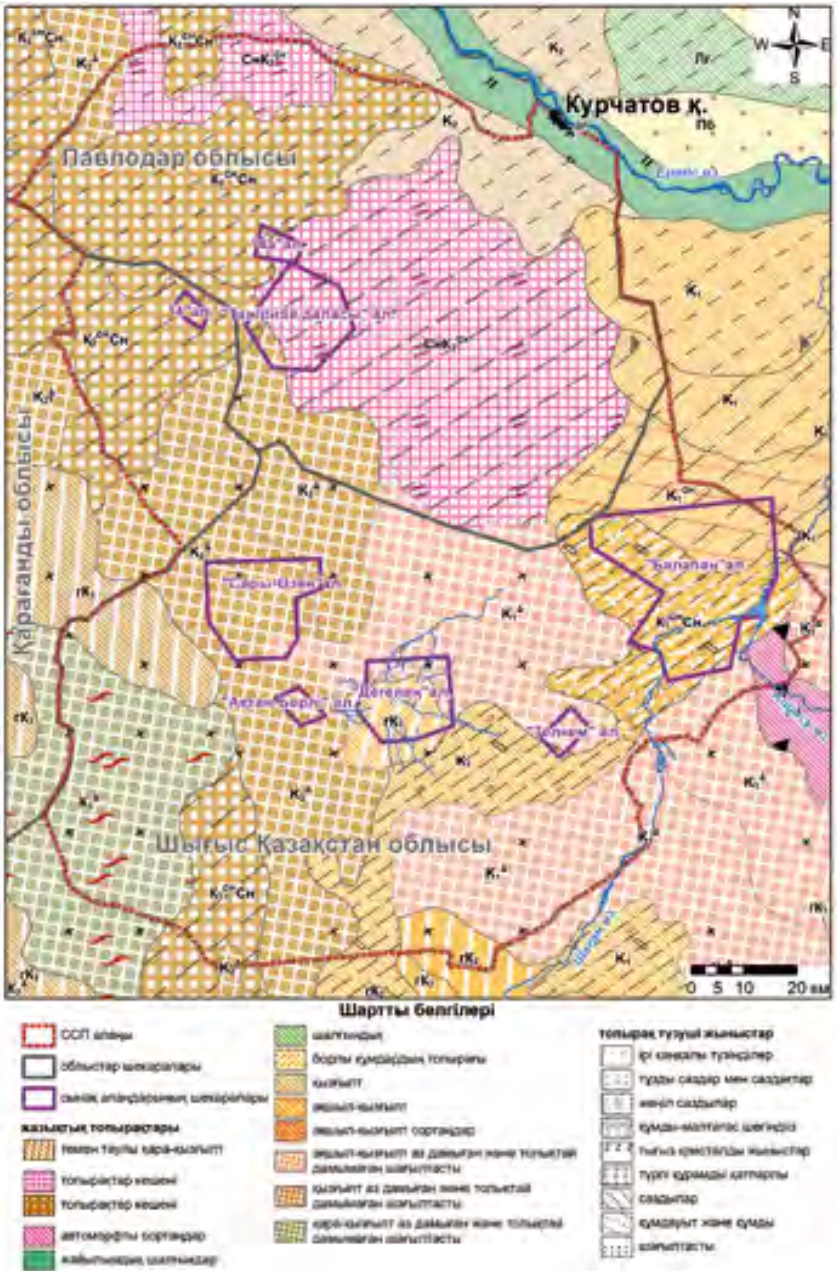
Полигонның топырақ жамылғысы туралы жалпы ақпарат

Топырақ-географиялық тұрғыдан ССП аумағы дала аймағының екі кіші аймағын, атап айтқанда, қызғылт топырақтардың аймақтық кіші түрі бар құрғақ дала кіші аймағын және ашық қызғылт топырақтардағы шөлді дала кіші аймағын қамтиды. ССП-ның орталық және оңтүстік бөліктерінде солтүстіктен, батыстан және оңтүстіктен қызғылт топырақтардың неғұрлым гумидті субаймағымен көмкерілген ақшыл-қызғылт топырақтар кеңінен таралды [53].

ССП аумағындағы аймақтық топырақтардың ішінде топырақтың аз дамыған түрі кеңінен таралған. Олар төмен қуатты элювиалдық-делювиалдық ірі қаңқалы шөгінділерде төбелердің тегістелген шыңдары мен баурайлары бойынша қалыптасады. Кең құрғақ шоқыаралық жазықтарда автоморфты аймақтық қалыпты және кебірленген топырақтар қалыптасады, көбінесе кебірленген автоморфтармен үйлеседі. Ұсақ шоқыларды бөлетін ұсақ өзендер мен бұлақтардың алқаптарында гидроморфты шамадан тыс ылғалданғаннан автоморфты аймақтыға дейінгі топырақтың генетикалық қатары байқалуы мүмкін. Мұнда алқаптың төменгі бөліктерін шалғынды және тіпті батпақты-шалғынды топырақтар алып кетуі мүмкін. Арнадан алыстаған сайын оларды жартылай гидроморфты топырақтар алмастырады, оларда тұз жинау процесі әртүрлі дәрежеде көрінуі мүмкін. Бұл қатар, әдетте, төбешіктердің шлейфтеріндегі аймақтық қиыршық тасты топырақтармен аяқталады.

Денудациялық жазықтарда көбінесе аймақтық жеңіл сазды қиыршық тастар басым. Олар көбінесе кебірленген мен тұздану белгілерін көрсетеді. Жазықтар мен ұсақ шоқылардағы тұйық ағынсыз депрессиялы сортаңдар алып жатыр. Мұндай депрессияның түбі гидроморфты сортаң белдеуімен, жартылай гидроморфты кебірленген сортаң аймақтық топырақтармен шектеседі [54].

Қазақтың ұсақ шоқыларынан Ертіс маңы жазығына өту аумағында далалық кебірленген топырақтары бар аймақтық кебірленген топырақтар кешені кең таралды, оларда соңғылары көбінесе басым рөлге шығады. Қызғылт түріндегі топырақтың ең жақын көрінісі қызғылт түріндегі топырақтарының морфологиялық бейініне сәйкес келеді. Ол генетикалық көкжиектерге нақты сараланған. «А+В» гумус көкжиегінің қуаты 35-45 см аралығында болады. Карбонатты көкжиек бірден гумус көкжиегінің астында орналасқан. Карбонаттар ақшыл, бұлыңғыр дақтар түрінде шығарылады. Топырақ түзетін жыныста гипс жиналуы мүмкін.



Топырақ және топырақ кешендері: 1 – таулы-қызғылт (Гк); 2 – дала сорларымен кешенде қызғылт сортаңдар ($К_2^{сн}$ • Сн); 3 – қызғылт сортаңмен кешенде далалық сорлар (Сн • $К_2^{сн}$); 4 – шалғындық сорлармен кешенде шалғындық сортаңдар ($Снл^{ск}$ • Скл); 5 – дамымаған қызғылт сортаңдар ($К_2$^); 6 – сортаңды сорлардағы шалғынды-қызғылт сортаңдар ($Сн^{ск}$ •$Кл^{сн}$) кешені; 7 – қалыпты қызғылт ($К_2^{н}$); 8 – дала сорларымен кешенде шалғынды-қызғылт сортаңдар ($Кл^{сн}$ •Сн); 9 – дала сорымен кешенде ақшыл-қызғылт сортаңдар ($К_1^{сн}$ • Сн); 10 – жайылмалы-шалғынды (Алг); 11 – қызғылт сортаңдағы толықтай дамымаған далалық сорлар ($Снс^{сч}$ +$К_2$ ^); 12 – қызғылт аз дамыған ($К_2$•$Снс^{сч}$ +$К_2$) далалық сорлармен ұштастыра отырып қызғылт кешенде, 13 – сортаңды дала сорлары кешенінде қызғылт аз дамыған толықтай дамымаған қызғылт ($К_2$ +$К_2$^); 14 – қызғылт аз дамыған шағылтасты ($К_2$^); 15 – шалғынды-қызғылт ($К_2$ $Снс^{сч}$ +Кл) ұштастырылған, далалық қызғылт сортаңды сор кешендер.

2.6-сурет. ССП схематикалық топырақтық картасы

Қызғылт топырақтарындағы органикалық заттардың мөлшері 2,5-3,5 % жетуі мүмкін. Қалыпты қызғылт топырақ бейінінің жоғарғы бөлігі карбонаттардан бос. Бейіндегі бұл топырақтарда оңай еритін тұздардың айтарлықтай мөлшері жоқ.

ССП-ның орталық және шығыс бөліктерін дала аймағының оңтүстік аймақтық кіші типі болып табылатын ақшыл-қызғылт топырақтар алып жатыр. Олар тұрақты, қалыптасқан бейінге ие, ол қарашірік көкжиегінің аз қуатымен сипатталады (саздақ сортаңдағы «А+В» 35 см-ден аспайды) және қатпарлы құрылымы бар қызғылт-сұр «А» көкжиегінің қатпарлы, берік емес құрылымымен ерекшеленеді және қоңыр-ашық-қоңырқай тығыздалған «В» көкжиек тән. Топырақ түзетін жынысқа айналатын тығыз карбонатты-иллювиалды көкжиек тереңірек бөлінеді. Тұз қышқылынан қайнау гумус көкжиегі шегінде байқалады. Ашық қызғылт топырақтарының жоғарғы көкжиектерінде шамамен 2-2,5 % қарашірік бар. Полигонның сипатталған топырақтарының көпшілігі жеңіл сазды механикалық құрамға ие және бүкіл бейін бойынша қаңқа бөлшектерінің жоғары құрамымен ерекшеленеді [55].

Полигон аумағындағы қызғылт және ашық қызғылт топырақтардың кіші түрлерінің арасында, қалыптыдан басқа, топырақтың карбонатты, сортаң және дамымаған түрлері де кездеседі. Карбонатты топырақтар негізінен қызғылт субаймақтың топырақтары арасында жиі кездеседі.

Қызғылт және ашық қызғылт сортаң топырақтарының негізгі диагностикалық белгісі олардың морфологиялық бейінінде түсі, тығыздығы мен құрылымы бойынша күрт ерекшеленетін, ашық сортаң көкжиектің орын алуымен байқалады. Ол қара қызғылт реңктерге ие, айтарлықтай тығыз және кесек-жаңғақ немесе жаңғақ-призма тәрізді құрылымға ие. Физика-химиялық индикаторлардан, ең алдымен, тұзды көкжиектегі сіңірілген негіздердің құрамын бөліп алу керек. Оны сіңіретін кешен құрамында жиынтығының 15 %-на дейінгі мөлшердегі алмасу натрийі бар.

Сонымен қатар, бұл көкжиекте сілтілік жоғарылайды және жұқа механикалық элементтердің мөлшері артады.

Дамымаған қызғылт және ашық қызғылт топырақтары жұмсақ шыңдар мен төбелердің беткейлерінде, байырғы тығыз жыныстар жер бетіне жақын орналасқан жерлерде және ұсақ жер қабатының қуаты 40 см-ден аспайтын жерлерде қалыптасады. Олар қысқартылған морфологиялық бейінмен, топырақ массасының қатты қысылуымен және генетикалық көкжиектердің толық емес жиынтығымен сипатталады.

Шалғынды-қызғылт топырақ – жартылай гидроморфты қатардағы топырақ. Олар шалғынды-дала өсімдіктерінің астында рельефтің төмен формаларында қалыптасады, нәтижесінде таяз жерасты суларының немесе жерүсті ағындарының мерзімді әсеріне байланысты қосымша ылғал алынады. Неғұрлым қолайлы жағдайларда дами отырып, олар зоналықтардан гумустың көкжиегінің біршама үлкен қуатымен, ондағы органикалық заттардың көп мөлшерімен және, демек, оның қараңғы түсімен ерекшеленеді. Бұл топырақтарда тұздану және сортаңдану белгілері жиі кездеседі.

Полигон аумағындағы шалғынды топырақтар ұсақ өзендер мен жылғалар аңғарының төмен бөліктеріне таралған. Атап айтқанда, Дегелең таулы массивінің бұлақтарының арналарында кеңінен таралған [56]. Олардың қалыптасуына 1-3 м тереңдікте жатқан жерасты сулары белсенді қатысады, сонымен қатар олар қар мен жаңбыр суларының су басуына байланысты беткі ылғалдылықты сезінуі мүмкін. Шалғынды топырақ құрамының ерекшелігі ылғалдану режимімен, жерасты суларының минералдану дәрежесімен, топырақ түзуші жыныстардың ерекшеліктерімен анықталады. Бірақ барлық шалғынды топырақтар қарашіріктің жоғары мөлшері бар қуатты қарашірік көкжиектің қалыптасуымен сипатталады.

Полигон аумағындағы сортаң топырақтар басқа топырақтармен кешендер түрінде кездеседі. Олардың арасында автоморфты,

жартылай гидроморфты және гидроморфты түрлері бар. Сортаңдардың бейіні генетикалық көкжиектерге нақты сараланған. Сортаңдардың генетикалық бейінінің морфологиялық құрылымының ерекшелігі, ең алдымен, жоғарғы екі көкжиекте-элювиалды және иллювиалды болып бөлінеді.

Элювиалды немесе тұздылау көкжиек әдетте ашық сұр реңктермен боялған. Ол аздап тығыздалған, минералды және органикалық коллоидтармен таусылған және салыстырмалы түрде жеңіл механикалық құрамға ие. Иллювиалды, сортаң көкжиектің жоғарғы жағынан күрт бөлінеді. Оның түсі әлдеқайда күңгірт. Ол өте тығыз, тік жарықшақтықтармен бөлінген және призматәріздес, бағаналы немесе жаңғақ тәрізді құрылымға ие. Сортаңды көкжиектің астында «ақ көз» түріндегі карбонаттардың ашық өскіндері бар карбонаттар орын алған. Топырақ түзуші жыныста жиналған жеңіл ерігіш тұз және гипс тереңірек бөлінеді.

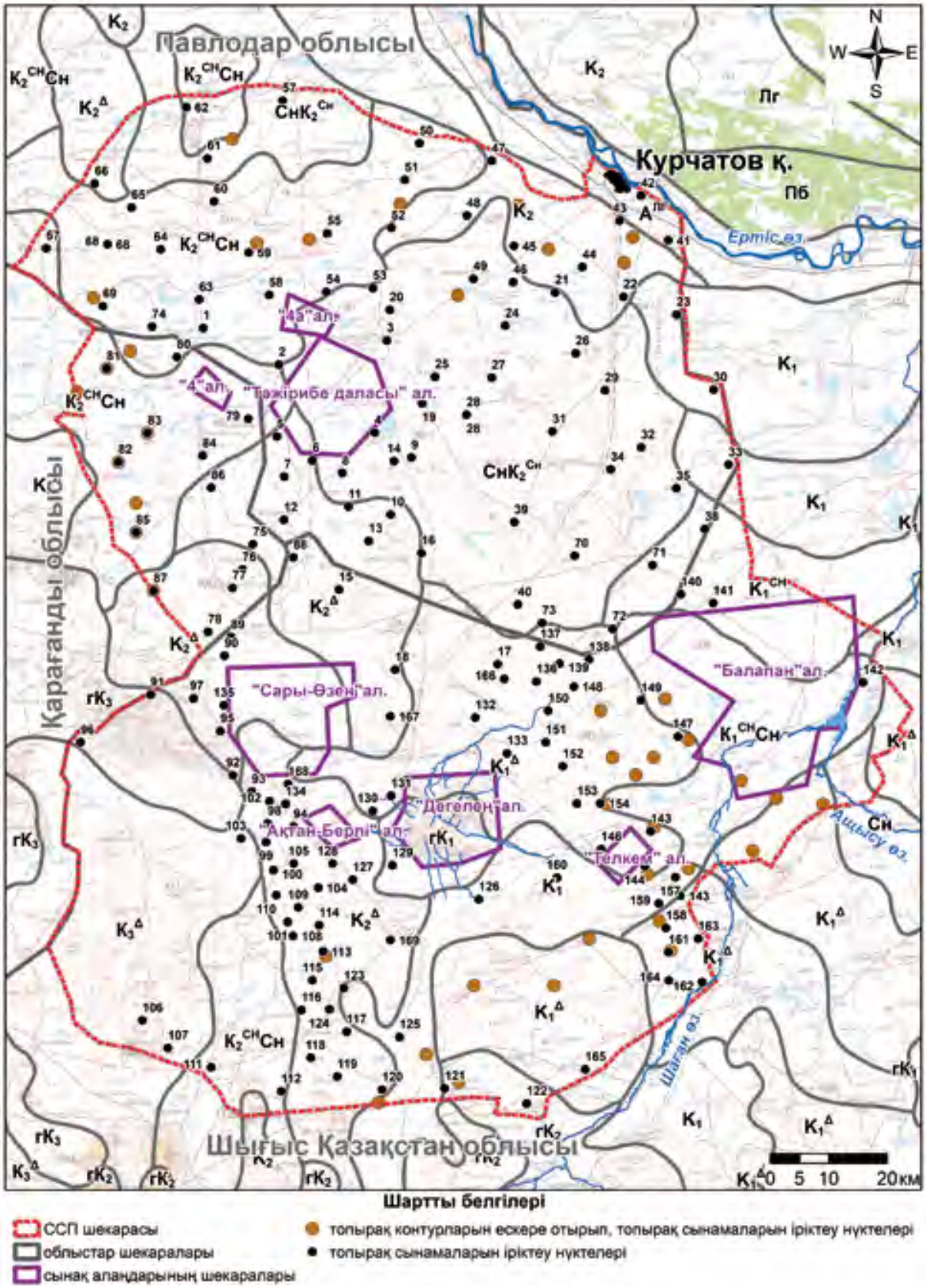
Сортаңдардың физика-химиялық ерекшеліктерінен сортаң топырақтағы алмасу сыйымдылығының сіңірілген негіздер жиынтығының 20-ға дейін және одан да жоғары пайызына дейін жоғарылағанын атап өткен жөн. Бұл көкжиектегі топырақ ерітінділерінің реакциясы сілтілікке дейін артады. Тік бейіндегі гранулометриялық фракциялардың таралуы сортаңға тән үлгіні көрсетеді – бейіннің жоғарғы бөлігі тұнбалы бөлшектерімен азаяды, ал иллювиалды көкжиекте олардың саны күрт артады. Көбінесе сортаңдардың бейінінде оңай еритін тұздардың мөлшері көп болады.

Полигон аумағындағы сортаңдар денудациялық жазықта және ұсақ шоқыларда тұйық ағынсыз депрессиялар бойынша таралған. Олар таяз тереңдікте жатқан минералданған сулардың әсерінен және қоршаған аумақтардан жерүсті ағынымен тұздардың енуіне байланысты қалыптасады. Барлық сортаң батпақтардың жалпы ерекшелігі – беткі қабатта 1 %-дан асатын оңай еритін тұздардың болуы [57].

Радионуклидтердің топырақ бейінінің тереңдігі бойынша таралуын зерттеу нәтижелері

ССП аумағының топырақ бейінінің тереңдігі бойынша радионуклидтердің таралуын зерттеу әдіснамасын әзірлеу үшін топырақта радионуклидтердің тік таралу сипатын олардың типін, кіші типін және түрлерін ескере отырып, алдын ала зерттеулер жүргізілді. Осы зерттеу шеңберінде аралықтары радионуклидтік талдауларға олардан сынамаларды қабаттық іріктеумен 47 зерттеу алаңы салынды 0-3, 3-6, 6-9, 9-12, 12-15, 15-18, 18-21, 21-24, 21-27, 27-30, 30-35, 35-40, 45-50 см құрады. Кейбір жағдайларда дамымаған топырақтарда аралықтары 0-2, 2-5, 5-10, 10-15 см құрады. Зерттеу алаңындағы әр қабаттың іріктеу алаңы 200 см^2 болды. Алаңдар топырақ контурларының таралуын ескере отырып салынды және ССП аумағындағы топырақтың барлық негізгі түрлерін, кіші түрлерін және тектерін қамтыды (2.7-сурет).

Салынған алаңдармен полигонның барлық аумағы іс жүзінде қызғылт топырақ типімен ұсынылғандықтан, қызғылт қызғылт топырақтың негізгі типтері, кіші түрлері және тектері қамтылды (2.4-кесте). Өз кезегінде ССП аумағы үшін кең таралған қызғылт топырағының екі кіші түрі бөлінді, олардың әрқайсысы үш түрге: дамымаған, қалыпты және сортаң болып бөлінеді. Бұл ашық қызғылт және қызғылт топырақтардың кіші түрлері. Сондай-ақ, аз кездесетін таулы-қызғылт топырақтар мен шалғынды – қызғылт топырақтар – тұзды емес және сортаң топырақтар болып бөлінді. Топырақтың жеке түрі – тұзды батпақтар.



2.7-сурет. ССП аумағындағы топырақ сынамаларын қатпарлы іріктеу алаңдарын салу схемасы

2.4-кесте. Зерттеліп жатқан топырақтың жүйелілігі

Топырақ типі	Топырақ типі тармағы	Топырақ тегі
қызғылтт	қызғылт	аз дамыған
		қалыпты
		сортаң
	ашық-қызғылт	аз дамыған
		қалыпты
		сортаң
	шалғындық-қызғылт	тұзданбаған
		сорлар
	таулық-қызғылт	-
сорлар	-	-

Қызғылт топырағының ұсынылған кіші түрлері мен сортаңында радионуклидтердің таралуын сипаттайтын алынған нәтижелер тікелей ядролық сынақтар жүргізілмеген аумақтарда, су ағынсыз су режимі жағдайында жасанды радионуклидтер мен радиоактивті ыдырау өнімдері негізінен топырақтың беткі қабаттарында шоғырланатынын және топырақ бейініне терең көшпейтіні көрнекі көрсетілген (2.8-сурет) [58].

2.8-сурет. Радионуклидтердің топырақта 35 см тереңдікке таралу сипаты

Атмосфералық жауын-шашын есебінен ғана алынатын қарбалас гидротермиялық режим мен ылғалдың жоғары тапшылығы жағдайында қалыптасатын топырақтың аймақтық қызғылт және ашық қызғылт, көбінесе, бетінен таяз ылғалданумен ерекшеленеді. Осыған байланысты радионуклидтердің топырақтың әртүрлі кіші түрлерінде таралу сипаты әлсіз сараланған. Егер радионуклидтердің топырақтың әртүрлі кіші түрлерінде таралу сипатын сипаттайтын функцияларды қарастыратын болсақ, онда олардың өте жақын екендігі байқалады (2.5-кесте). Осылайша, ССП көп бөлігі үшін кіші түрге қарамастан қызғылт топырақ типі үшін деректерді жалпылау негізінде алынған функцияларды пайдалануға болады. Дегелең тау массивінің айналасында кездесетін шалғынды-қызғылт топырақты алып тастауға болмайды. Егер қызғылт топырағы типінің деректерін сортаң топырақтар үшін алынғандармен жалпылау негізінде алынған функцияларды салыстыратын болсақ, онда олар ^{137}Cs және $^{239+240}Pu$ үшін ұқсас, ал ^{90}Sr үшін бұл функциялар өте ерекшеленеді.

2.5 кесте. Қызғылт топырақ типіндегі радионуклидтердің тік таралу қисықтарының функциялары

Радионуклид	Топырақтың типінің тармағы			Қызғылт типі	Сортаң
	ақшыл қызғылт	қызғылт	шалғын қызғылт		
^{137}**Cs**	$y=(102\pm11)e_{-(0,3\pm0,03)x}$	$y=(85\pm22)e_{-(0,4\pm0,08)x}$	$y=(85\pm12)e_{-(0,3\pm0,03)x}$	$y=(125\pm13)e_{-(0,4\pm0,04)x}$	$y=(107\pm19)e_{-(0,4\pm0,05)x}$
^{90}**Sr**	$y=(47\pm10)e_{-(0,2\pm0,05)x}$	$y=(51\pm16)e_{-(0,2\pm0,08)x}$	$y=(49\pm11)e_{-(0,2\pm0,09)x}$	$y=(79\pm7)e_{-(0,3\pm0,04)x}$	$y=(24\pm5)e_{-(0,07\pm0,06)x}$
^{241}**Am**	$y=(76\pm16)e_{-(0,3\pm0,04)x}$	$y=(106\pm14)e_{-(0,4\pm0,04)x}$	$y=108e-_{0,3x}$	$y=(85\pm12)e_{-(0,3\pm0,03)x}$	-*
$^{239+240}$**Pu**	$y=(90\pm16)e_{-(0,4\pm0,05)x}$	$y=(128\pm28)e_{-(0,4\pm0,07)x}$	$y=34,1e-_{0,2x}$	$y=(126\pm17)e_{-(0,4\pm0,04)x}$	$y=(87\pm16)e_{-(0,4\pm0,008)x}$
* – мөлшерлік деректер алынған жоқ					

Осылайша, өлшеу қателігімен, далалық жұмыстарды жүргізу кезіндегі әдіснамалық қателіктермен және іріктеу кезінде анықтау мүмкін болмайтын ескерілмеген факторлармен (қабаттарды қазғыш немесе ауыл шаруашылығы жануарларымен ұзақ уақыт араластыру және т.б.) байланысты болуы мүмкін радионуклидтердің таралу сипатының әлсіз сараланууын ескере отырып, ра-

дионуклидтердің тік топырақ бейінінде таралуын бағалау үшін топырақ жамылғысын топырақ түріне дейін жіктеу жеткілікті деп айтуға болады. Атап айтқанда, ССП аумағы топырақтың қызғылт түрімен ұсынылған. Зерттелетін аумақтағы сортаңдарды, әдетте, фермерлер ауыл шаруашылығында пайдаланбайды, ал ССП-да мал шаруашылығы жүргізілетін негізгі топырақтар олардың таралуына байланысты қызғылт және ашық қызғылт топырақтың кіші түрлері болып табылады. Бұдан басқа, сынақ алаңдарына жатпайтын аумақтардың топырақтарында радионуклидтер топырақтың жоғарғы қабаттарында шоғырланғаны және негізінен 15-20 см тереңдікке дейін анықталатыны белгілі болды. Бұл факт топырақ жамылғысын зерттеу тереңдігін 30 см-ге дейін шектеу арқылы және аумақты топырақтың кіші түрлеріне бөлу қажеттілігінің болмауына байланысты ССП учаскелерін зерттеп-қарауды оңтайландыруға мүмкіндік береді. Зерттеудің таңдап алынған тереңдігі зерттелетін аумақтағы топырақтың тік бейінінде радионуклидтердің таралу сипатын кепілді түрде анықтауға және топырақтың бұзылған учаскелерінде сынамалар алуды болдырмауға мүмкіндік береді. Меншікті белсенділікті 0-20 см қабатқа қайта есептеу 0-5 см тереңдіктен жүргізіледі (алаңдық зерттеу кезінде топырақ сынамасын алу тереңдігі). Сондықтан қабаттық іріктеудің ұсынылатын аралығы 5 см болды.

Жоғарыда сипатталған алынған нәтижелерді ескере отырып, ССП аумағында радионуклидтердің тік таралу сипатын анықтау үшін 0-5, 5-10, 10-15, 15-20, 22-25, 25-30 см интервалдармен радионуклидтік талдауларға сынамаларды қабатпен іріктей отырып, 169 зерттеу алаңы салынды. Осылайша топырақтағы радионуклидтердің тік таралу ерекшеліктерін зерттеу үшін 1014 қабатты топырақ үлгілері алынды. Алаңдар 100 квадрат километрге бір алаң есебінен салынды. Топырақтың әр қабатын іріктеу ауданы 200 см^2 болды. Бастапқыда Павлодар және Қарағанды облыстарында орналасқан ССП аумақтарында топырақ сынамаларын іріктеу салыстырмалы түрде біркелкі желі бойынша жүргізілді.

Мұндай тәсілмен топырақ үлгілеріндегі радионуклидтердің меншікті белсенділігінің мөлшерлік мәндерін жазу әрдайым мүмкін болмады. Сондықтан одан әрі мөлшерлік деректердің үлкен көлемін алу үшін Шығыс Қазақстан облысының аумағында топырақтың қабаттық сынамаларын іріктеу алаңдары негізінен ядролық сынақтардан радиоактивті түсулер іздері учаскелерінде салынды. Радионуклидтердің алаңдық белсенділігінің топырақ жамылғысында таралуын зерделеу нәтижелері негізінде шартты жоғары мәндер облыстарында (ядролық сынақтардан радиоактивті түсулер іздерінің аумағы) және шартты «фондық» аумақта (сынақ алаңдары мен радиоактивті түсулер іздерін қоспағанда зерттелетін аумақ) орналасқан учаскелер бөлінді.

^{241}Am, ^{137}Cs, $^{239+240}$Pu, ^{90}Sr радионуклидтерінің меншікті белсенділігін анықтау үшін топырақ үлгілерінде тексерілген жабдықта стандартталған әдістемелік нұсқауларға сәйкес γ-спектрометриялық және радиохимиялық талдаулар жүргізілді [59, 60].

Шартты жоғары мәндер облыстарында және шартты «фондық» аумақта орналасқан топырақ сынамаларын қабаттық іріктеу нүктелерінде алынған топырақ қабатындағы радионуклидтердің орташа мәндері мен меншікті белсенділігінің диапазоны 30 см-ге дейін кестеде келтірілген (2.6-кесте).

2.6 кесте. Зерттелетін аумақтағы радионуклидтердің топырақ қабатындағы меншікті белсенділігі 30 см-ге дейін

Тереңдігі, см	Меншікті белсенділік, Бк/кг			
	^{241}Am	^{137}Cs	$^{239+240}$Pu	^{90}Sr
Жоғары мәндер аумағы (n=79)				
0-5	32 ± 7 2 – **81**	124 ± 33 5 – **610**	549 ± 196 12 – **3600**	46 ± 14 3 – **230**
5-10	2 ± 0,5 0,3 – 8	10 ± 3 0,7 – 63	25 ± 9 0,4 – 160	18 ± 8 1 – 147
10-15	1 ± 0,4 0,1 – 8	2 ± 0,8 0,2 – 32	11 ± 6 0,2 – 110	8 ± 4 1 – 72
15-20	0,7 ± 0,1 0,1 – 3	1 ± 0,3 0,1 – 8	3 ± 2 0,1 – 40	10 ± 4 0,8 – 64

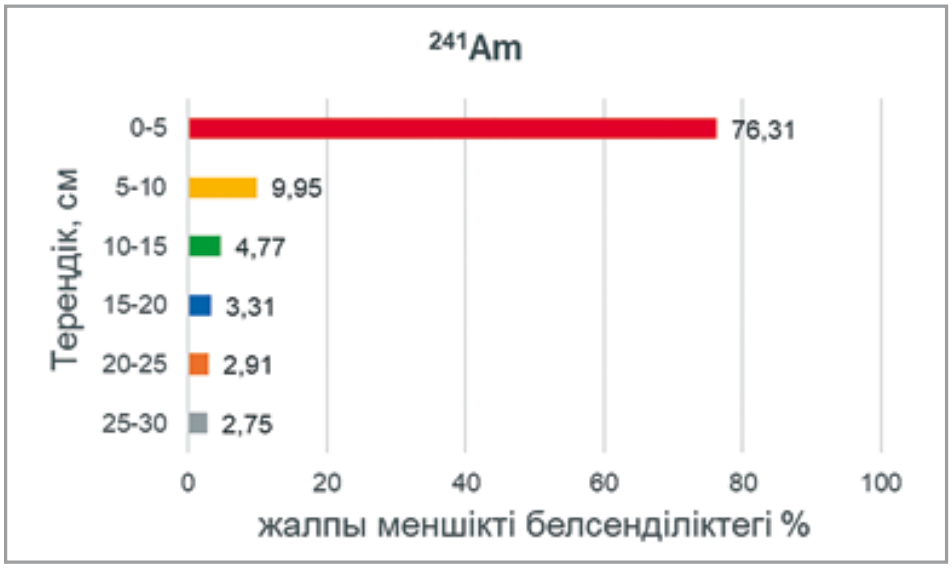
Терендігі, см	Меншікті белсенділік, Бк/кг			
	^{241}Am	^{137}Cs	$^{239+240}$Pu	^{90}Sr
Жоғары мәндер аумағы (n=79)				
20-25	0,7 ± 0,08 0,1 – 2	0,9 ± 0,3 0,1 – 11	2 ± 1,7 0,1 – 25	13 ± 8 1 – 148
25-30	0,75 ± 0,1 0,1 – 2	0,51 ± 0,1 0,1 – 2	7 ± 5 0,1 – 69	8 ± 4 1 – 64
Шартты түрде «фондық» аумақтар (n=90)				
0-5	4 ± 1 0,3 – **48**	20 ± 4 3 – **210**	108 ± 54 0,2 – **750**	9 ± 3 0,7 – **90**
5-10	1 ± 0,2 0,1 – 6	4 ± 1 0,3 – 35	15 ± 5 0,2 – 64	5 ± 2 0,1 – 29
10-15	0,9 ± 0,1 0,1 – 3	1 ± 0,3 0,2 – 5	8 ± 3 0,1 – 49	4 ± 0,9 0,2 – 11
15-20	0,4 ± 0,05 0,1 – 0,9	0,6 ± 0,2 0,1 – 2	3 ± 1 0,1 –21	3 ± 1 0,1 – 22
20-25	0,4 ± 0,05 0,1 – 0,7	0,7 ± 0,2 0,1 – 3	0,9 ± 0,3 0,1 – 6	4 ± 1 0,1 – 18
25-30	0,4 ± 0,07 0,1 – 1	0,4 ± 0,05 0,1 – 1	3 ± 2 0,1 – 47	2 ± 0,5 0,8 – 7
Алымда – арифметикалық орташа, арифметикалық орташа қате. Бөлгіште – минималды және максималды нақты белсенділік				

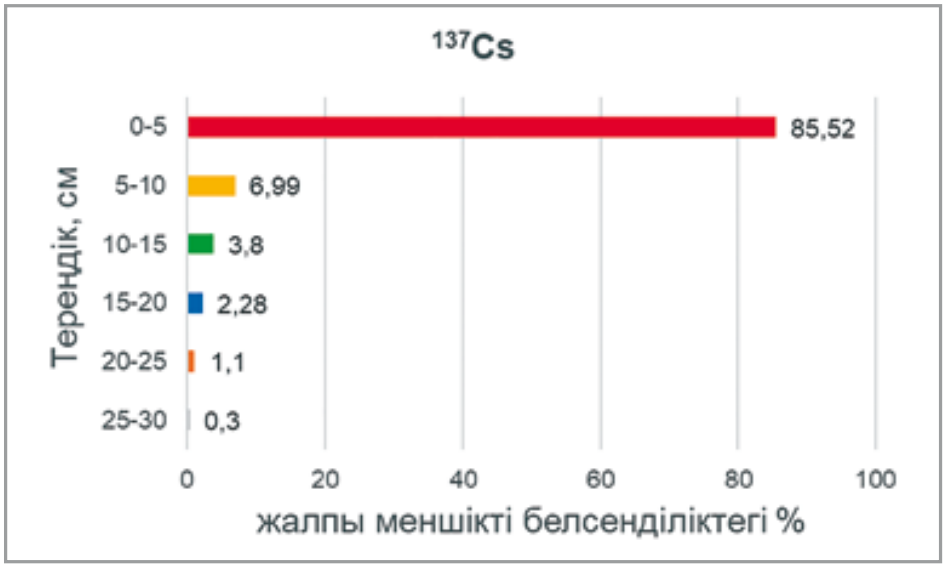
Алынған деректер негізінде $^{239+240}$Pu және ^{90}Sr радионуклидтері үшін зерттелетін аумақтағы топырақтағы меншікті белсенділік мәндерінің диапазоны орта есеппен екі есені, ^{241}Am радионуклиді үшін – бір есені құрайтыны анықталды. ^{137}Cs меншікті белсенділік мәндерінің диапазондары жоғары мәндер аймақтарында екі есені, шартты «фондық» аумақта – бір есені құрайды. Жоғары мәндегі аудандардағы және шартты «фондық» аумақтағы топырақтағы ең жоғары меншіктік белсенділік $^{239+240}$Pu (3600 және 750 Бк/кг) және ^{137}Cs (610 және 210 Бк/кг) үшін белгіленген, төмен шоғырланулар ^{90}Sr (230 және 90 Бк/кг) үшін тән, ^{241}Am құрамы – минималды және тиісінше 81 және 48 Бк/кг аспайды.

Бұл ретте радионуклидтердің меншікті белсенділігінің ең жоғары мәндері ядролық сынақтардан радиоактивті түсулер іздері аумақтарына тән және топырақ қабатында 5 см-ге дейін белгіленген.

Әрбір топырақ қабатындағы радионуклидтердің пайыздық құрамын анықтау үшін топырақ бейінінің барлық тереңдігі бойынша жиынтық меншікті белсенділік есептелген. $^{239+240}Pu$, ^{137}Cs, ^{90}Sr және ^{241}Am үшін топырақ бейінінің барлық тереңдігі бойынша орташа меншікті белсенділік: шартты жоғары мәндер аумағында – тиісінше 627 Бк/кг, 145 Бк/кг, 109 Бк/кг және 39 Бк/кг; шартты «фондық» аумақта – тиісінше 121 Бк/кг, 34 Бк/кг, 33 Бк/кг, 9 Бк/кг құрады.

Алынған деректер бойынша зерттелетін аумақтағы топырақ бейінінің тереңдігі бойынша ^{241}Am, ^{137}Cs, $^{239+240}Pu$, ^{90}Sr таралу гистограммалары салынды (2.9-сурет).





2.9-сурет. Радионуклидтердің топырақ бейінінің тереңдігі бойынша таралуы

Гистограммалардан көріп отырғанымыздай, барлық зерттелетін аумақтағы меншікті белсенділіктің ең жоғары мәндері 0-5 см қабатта белгіленген және ^{241}Am үшін – 76 %, ^{137}Cs – 86 %, $^{239+240}$Pu – 84 % және ^{90}Sr – 68 % құрайды. Дақылды өсімдіктердің тамырларының негізгі бөлігі шоғырланған топырақтың егістік қабатындағы радионуклидтердің мөлшері ^{241}Am – 94 %, ^{137}Cs – 99 %, $^{239+240}$Pu және ^{90}Sr – 97 % құрайды. Радионуклидтердің ең аз шоғырлануы 20-30 см тереңдікте байқалады және ^{241}Am үшін – 6 %, ^{137}Cs үшін – 1 %, $^{239+240}$Pu және ^{90}Sr үшін – 3 % құрайды.

Топырақ бейініндегі радионуклидтердің тігінен таралуын қосымша зерттеу

ССП топырағындағы радионуклидтердің тереңдік дәрежесі туралы жалпы түсініктен басқа, алынған деректерді радионуклидтердің өсімдіктен алынатын ауыл шаруашылығы өніміне түсуін есептеу үшін пайдалануға болады.

Полигон, әрине, оның қауіпсіз бөлігі қоныстанған жағдайда, оның адам үшін қауіп төндірмейтініне және онда тұрып жатқан адам алуы мүмкін сәулелену дозасы нормативтік мәндерден аспайтынына көз жеткізу қажет. Бұл ретте, сәулелену дозасына үлес қосатын компоненттердің бірі тамақ өнімдері, оның ішінде полигонда өсірілген өсімдік шаруашылығы өнімдері болып табылады.

Бірақ ССП аумағында қазіргі уақытта өсімдік шаруашылығы өнімі өндірілмегендіктен, онда ешкім тұрмайтындықтан, полигонда өсіруге болатын өсімдік шаруашылығы өнімдеріндегі радионуклидтердің құрамын бағалау есептеу әдісімен орындалған. Бұл әдіс радионуклидтердің өсімдіктермен жинақталу коэффициенттерін қолдануға негізделген. Әлемдік тәжірибеде өсімдіктердің радиоактивті ластануын бағалау үшін пайдаланылатын жинақтау коэффициенттері 0-20 см [60] топырақ қабаты үшін есептелетіндіктен, топырақ қабатының тереңдігіне радионуклидтердің құрамы туралы 20 см кем емес деректер пайдаланылды.

Топырақ сынамаларын қабаттық іріктеудің 169 нүктесінде 20 см-ге дейінгі топырақ қабатындағы радионуклидтің меншікті белсенділігінің алынған мәндері әрбір радионуклид үшін топырақ жамылғысы қабатындағы радионуклидтің 0-20 см, жоғарғы топырақ қабатындағы радионуклидтің меншікті белсенділігіне 0-5 см қатынасын айқындайтын жеткілікті сенімді коэффициент алуға мүмкіндік береді. Өз кезегінде, осы коэффициент өсімдік шаруашылығы өнімінде радионуклидтердің ықтимал құрамын одан әрі бағалау үшін қажетті радионуклидтердің аландық таралуын айқындау барысында алынған 0-5 см тереңдіктен 0-20 см

тереңдікке радионуклидтердің меншікті белсенділігін қайта есептеуді жүргізуге мүмкіндік береді.

$K_{n\ 0–20}$ коэффициентінің мәні мына формула бойынша есептелді:

$$K_{n,0–20} = \frac{A_{m,i0\text{-}20}}{A_{m,i0\text{-}5}}$$

мында:

$K_{n,0–20}$ – 0-20 см топырақ жамылғысының қабатындағы радионуклидтің меншікті белсенділігінің топырақ жамылғысының жоғарғы қабатындағы радионуклидтің меншікті белсенділігіне 0-5 см қатынасын айқындайтын коэффициент;

$A_{m,i0\text{-}20}$ – топырақ жамылғысы қабатындағы радионуклидтің меншікті белсенділігі 0-5 см, Бк/кг;

$A_{m,i0\text{-}5}$ – топырақ жамылғысы қабатындағы радионуклидтің меншікті белсенділігі 0-20 см, Бк/кг.

Топырақ сынамаларын қабаттық іріктеудің 169 нүктесіндегі $K_{n,\ 0–20}$ коэффициентінің орташа мәндері мен диапазондары кестеде келтірілген (2.7-кесте).

2.7-кесте. Топырақ жамылғысы қабатындағы радионуклид белсенділігінің топырақ жамылғысының жоғарғы қабатындағы радионуклидтің меншікті белсенділік қатынасын айқындайтын коэффициент мәні

	$K_{n,0–20}$			
	^{241}Am	^{137}Cs	$^{239+240}$Pu	^{90}Sr
Максимум	2,8	1,8	1,7	1,4
Минимум	0,1	0,2	0,2	0,2
орташа арифметикалық	0,3	0,3	0,3	0,4

0-20 см топырақ жамылғысы қабатындағы радионуклидтердің меншікті белсенділігі алаңдық іріктеу деректері (2.2.1-бөлім) және $K_{n,0\text{-}20}$ коэффициенттерінің орташа мәндері негізінде анықталды, олар ^{241}Am үшін – 0,6, ^{137}Cs үшін – 0,9, $^{239+240}$Pu үшін – 0,7, ^{90}Sr үшін-0,9 құрады, формула бойынша:

$$A_{m,i,0\text{-}20} = K_{n,0\text{-}20} \times A_{m,i,0\text{-}5},$$

мында:

$A_{mi,0-20}$ – топырақ жамылғысы қабатындағы радионуклидтің меншікті белсенділігі 20 см-ге дейін, Бк/кг;

$K_{n,0-20}$ – топырақ жамылғысы қабатындағы радионуклид белсенділігінің 0-20 см топырақ жамылғысы қабатындағы радионуклидтің меншікті белсенділігіне 0-5 см қатынасын айқындайтын коэффициент;

$A_{m,i,0-5}$ – топырақ жамылғысының жоғарғы қабатындағы радионуклидтің меншікті белсенділігі 0-5 см, Бк/кг.

Радионуклидтердің алаңдық таралуын зерттеудің әрбір нүктесінде 0-20 см топырақ қабатындағы радионуклидтердің меншікті белсенділігінің ең жоғары, ең төмен және орташа мәндері кестеде (2.8-кесте) берілген.

2.8-кесте. Топырақ қабатындағы радионуклидтердің меншікті белсенділігі 0-20 см, Бк/кг (алаңдық зерттеу желісінің әрбір нүктесі үшін – 20000 нүктеден астам деректер негізінде)

	Топырақ қабатындағы радионуклидтердің меншікті белсенділігі 0-2 см, Бк/кг			
	^{241}Am	**^{137}Cs**	**^{90}Sr**	**$^{239+240}$Pu**
Максимум	$5{,}0\times10^4$	$4{,}0\times10^4$	$3{,}1\times10^4$	$4{,}3\times10^5$
Минимум	0,01	0,01	0,01	0,08
Орташа арифметикалық	25	74	342	$1{,}1\times10^3$

Қорытынды

Осылайша, ССП аумақтарындағы топырақ жамылғысының тереңдігі бойынша радионуклидтердің таралуына жүргізілген зерттеулер осы аумақтардың топырағында радионуклидтердің таралу сипатын анықтауға және 0-20 см топырақ жамылғысының қабатындағы радионуклидтің меншікті белсенділігінің 0-5 см топырақ жамылғысының жоғарғы қабатындағы радионуклидтің меншікті белсенділігіне қатынасын айқындайтын коэффициенттерді есептеуге мүмкіндік берді. Бұл деректер одан әрі өсімдік шаруашылығы өніміндегі радионуклидтердің құрамын есептеу кезінде, оны полигонда өсіру жағдайында қолданылды, оның нә-

тижелері зерттелетін аумақта өндірілген тамақ өнімдері бар радионуклидтердің түсуінен халықтың ішкі сәулелену дозаларын бағалау кезінде пайдаланылды.

2.5 Топырақтағы жасанды радионуклидтерді анықтау формаларын зерттеу

ССП аумағының топырақ жамылғысының радиоактивті ластану сипатын зерттеу шеңберінде топырақтағы жасанды радионуклидтерді анықтау формаларына қосымша зерттеулер жүргізілді. Элементті анықтау формалары бойынша элементтің жүйеде оның химиялық формалары арасында таралуы түсініледі. ССП топырағында ^{137}Cs, ^{90}Sr, $^{239+240}Pu$, ^{241}Am анықтау формаларын зерттеу нәтижелері олардың қозғалғыштығы мен биологиялық қолжетімділігін бағалауға мүмкіндік береді.

Топырақта радионуклидтердің деректерін анықтау формаларын зерттеу Ф.И. Павлоцкая ұсынған жүйелі экстрагирлеудің түрлендірілген схемасын пайдалана отырып жүргізілді. Осы схема топырақтағы радионуклидтердің алмасатын және алмаспайтын (қышқыл ерігіш және берік байланысқан) формаларын анықтауды көздеді [62, 63]. Схема И.В. Тюрин әзірлеген әдістеме негізінде 0,1 NaOH ерітіндісімен органикалық байланысқан радионуклидтерді анықтаудың аралық сатысын қосу арқылы өзгертілген [64].

2.9-кесте. Бірізді экстрагирлеу схемасы

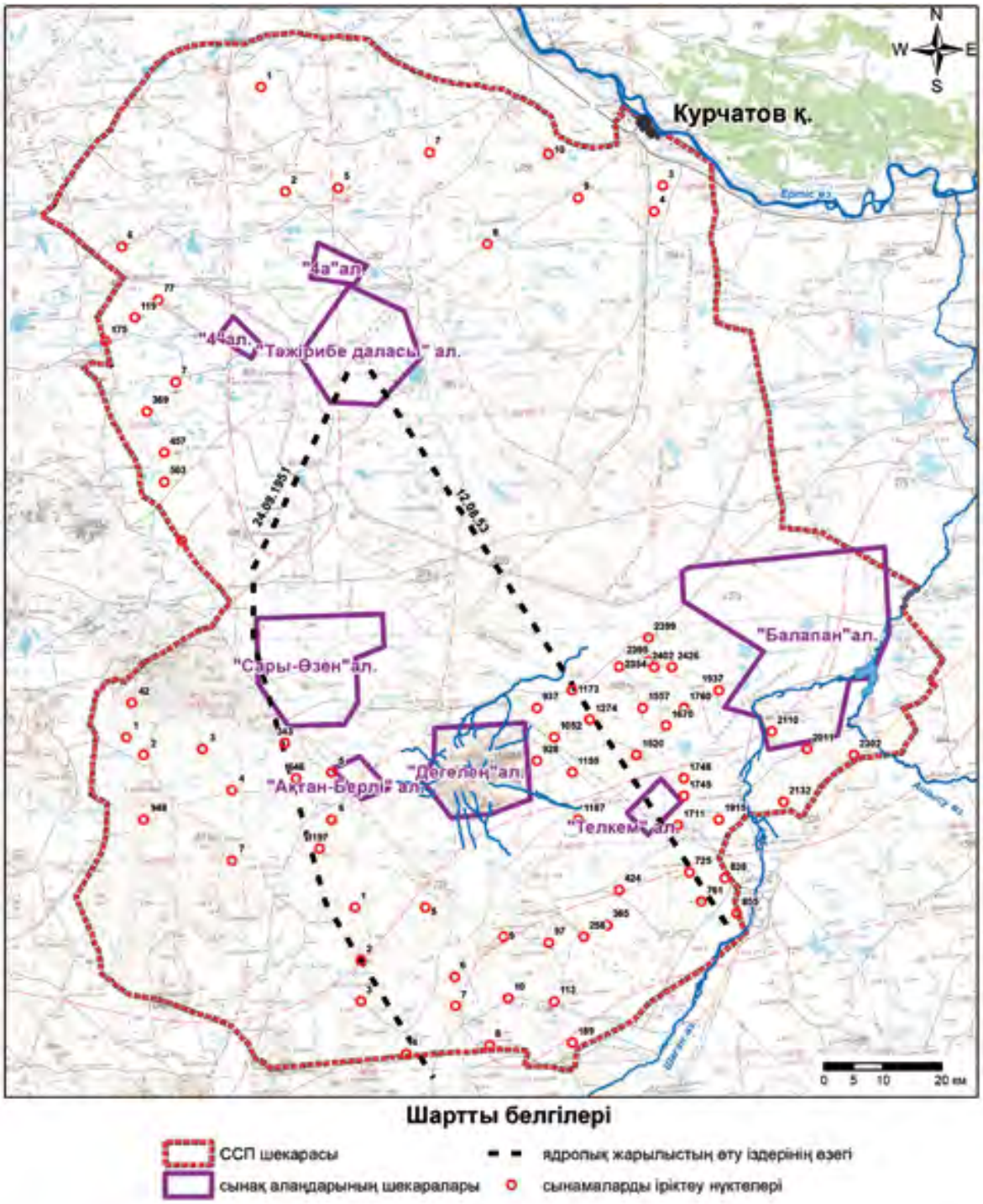
Форма	Экстрагент	Қосылыстар тобы
суда ерігіш + алмасу формасы (жеңіл қол жетімді форма)	1M CH_3COONH_4 (pH=6,8)	Органикалық емес қышқылдардың суда еритін тұздары және элементпен байланыссыз органикалық қосылыстар (тұздар, кешендер), элементтің байланыссыз фульваттары, иондық алмасу механизмі бойынша топырақпен сіңірілген қосылыстар, карбонатты топырақтарда ішінара карбонаттар
органикалық форма (әлеуетті резерв)	0.1H NaOH	Органикалық бөлігімен байланысты (гумин қышқылдары мен фульво қышқылдарының фракциялары), топырақтың минералды бөлігімен бос немесе тығыз байланыспаған

Форма	Экстрагент	Қосылыстар тобы
қышқыл ерігіш форма (әлеуетті резерв)	1M HCl	Карбонаттар, элементтің темір және алюминий тотықтарымен, сазды минералдармен сіңірілмеген қосылыстары, фульваттар, қиын алмастырылатын иондар, жаңадан тұндырылған гидрототықтар
тығыз байланысқан форма (қалдық, қол жетімсіз форма)	-	Темір мен алюминийдің бір жарым тотығының құрамында топырақтың органикалық заттектермен тығыз (алмаспайтын) байланысқан, кристалдық торларда изоморфты алмастыру типіне адсорбцияланған иондар

Топырақ сынамаларын іріктеу әдіснамасы топырақта зерттелетін радионуклидтердің жоғары шоғырлануы бар учаскелерді (жерүсті сынақтарынан түсетін түсулер іздері) және фондық шоғырлану деңгейлері бар аймақтарды зерттеуді көздеді.

ССП топырақтарында, сынақ алаңдарынан тыс жерлерде де, сондай-ақ аумағында да ^{137}Cs радионуклиді төмен қозғалғыштығымен сипатталады. Радионуклидтердің жоғары шоғырлануы бар учаскелерде және радионуклидтер шоғырлануының фондық деңгейі бар аймақтарда алаңдардан тыс жерлерде орта есеппен ^{137}Cs құрамы 96 % құрайды.

^{137}Cs-ке ұқсас $^{239+240}$Pu радионуклиді төмен қозғалғыштығымен сипатталады, ССП-ның барлық зерттелген объектілерінің топырақтарындағы $^{239+240}$Pu негізгі үлесі берік байланысқан формада анықталған. Топырақта радионуклидтердің жоғары шоғырлануы бар учаскелерде (жерүсті сынақтарынан түсетін түсулер іздері) және радионуклидтер шоғырлануының фондық деңгейі бар аймақтарда $^{239+240}$Pu берік байланысқан формасының үлесі орташа алғанда 99 %-ды құрайды. ^{241}Am трансуранды радионуклидінің сынақ алаңдарынан тыс топырақтарда болу формалары туралы деректерді оның меншікті белсенділігінің төмен болуына байланысты алу мүмкін болмады.



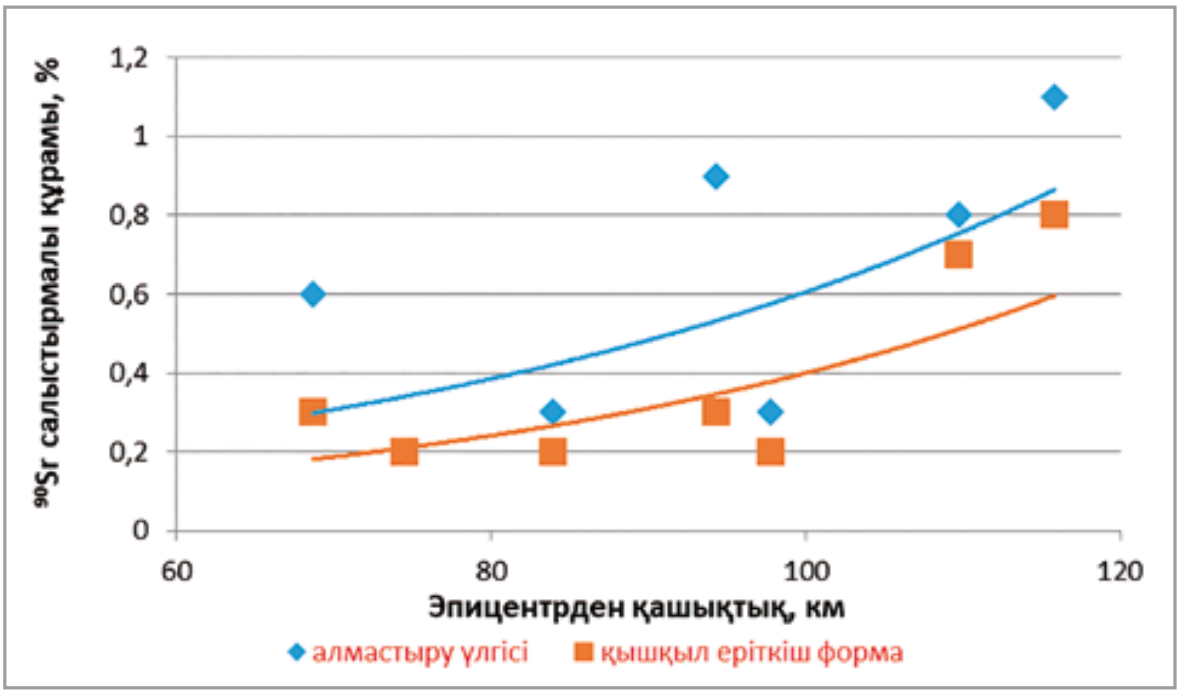
2.10-сурет. Топырақтағы радионуклидтерді анықтау формаларын зерттеу үшін топырақ сынамаларын алу нүктелерінің орналасу схемасы

Радионуклид ^{90}Sr – қарастырылатын барлық радионуклидтердің ішіндегі ең жылжымалы. ^{90}Sr тарату деректері бойынша сынақ алаңдарынан тыс ССП аумағының топырақ жамылғысы-

ның радионуклидтік ластану сипатында айырмашылық анықталады. Сонымен, жердегі сынақтардан (ССП солтүстік және батыс бөліктері) түсетін түсімдердің әсеріне ұшырамайтын аумақтарда оның қозғалғыштығы неғұрлым жоғары. ^{90}Sr барлық формаларының жиынтық құрамының кемінде 60 % (солтүстік аумақ) және 40 % (батыс аумақ) айырбастау формасының үлесіне келеді, берік байланысқан форманың үлесі тиісінше 23 %-дан және 33 %-дан аспайды. ССП-ның оңтүстік-шығыс, оңтүстік және аз дәрежеде оңтүстік-батыс бөлігінің аумағына жерүсті сынақтарынан түсу іздерінің өтуі белгілі бір әсер етті. Оңтүстік-шығыс аумақта ^{90}Sr радионуклидінің алмасу формасының орташа құрамы 31 %-ға дейін төмендейді. Тығыз байланысты форма 46 %-дан аз. Оңтүстік аумақта іздің әсері анағұрлым айқын: мұнда айырбастау формасының үлесі минималды – 15 %, ал берік байланысқан форманың үлесі қарастырылған аймақтар үшін максималды және барлық формалардың жалпы құрамының орташа есеппен 74 % құрайды. Топырақтың радионуклидті ластануы сипатының әркелкілігімен шарттасқан радионуклидтерді анықтау формаларының құрамы деректерінің ең жоғары құбылмалылығы байқалады.

Тікелей жоғалту іздері аймағында ^{90}Sr әрекеті түбегейлі ерекшеленеді [65]. Тығыз байланысты форма басым болып келеді, оның құрамы оңтүстік-шығыс аумақта 98 % және оңтүстік аумақта 89 % жетеді. Оңтүстік-шығыс аумақтағы із аймағындағы ^{90}Sr алмасу формасы үлесінің орташа мәні із аймағының шегінде орналасқан аумаққа қатысты тәртіпке, ал ССП оңтүстік бөлігінде – 3 еседен астам азаяды. Радионуклидтерді анықтау формаларын бөлу сипаты бойынша жерүсті сынақтарынан түсу іздерінің аймақтары «Тәжірибе даласы» алаңына ұқсас.

Түсу іздерінің бағыты бойынша радионуклидтерді анықтау формаларын бөлу сипатын зерделеу 12.08.1953 жылғы термоядролық сынақтан түсу ізінің учаскесінде ^{90}Sr радионуклидін анықтау формаларының сынақ эпицентрінен алыстауына қарай өзгеруін анықтады (2.11-сурет).



2.11-сурет. ССП оңтүстік-шығыс аумағында 12.08.1953 жылғы жерүсті сынағынан кейінгі түсу ізінің осі бойындағы учаскеде топырақтағы ^{90}Sr анықтау формаларының өзгеруі

Термоядролық жарылыстан із учаскесінде (эпицентрден 70-120 км) қашықтықтың ұлғаюымен топырақтағы алмасу және қышқыл еритін ^{90}Sr формаларының үлесінің артуы анықталды. Бұл заңдылық радионуклидтердің фракциялау процестерімен және атмосфералық жарылыстар кезінде радиоактивті бөлшектердің түзілу механизмдерімен шартталған [66, 67]. Анықталған заңдылық радионуклидтердің сынақ эпицентрінен алыстауына қарай осы із осі бойымен аймақтық өсімдіктердің жинақталу параметрлерінің ұлғаюын анықтаған зерттеу нәтижелеріне сәйкес келеді [68].

Қорытынды

Осылайша, ССП аумағында (сынақ алаңдарынан тыс) ^{137}Cs және $^{239+240}$Pu радионуклидтерінің негізгі құрамы берік байланысқан формада болады. Жерүстіндегі жарылыстардан кейінгі түсулердің әсеріне ұшырамаған аумақтарда ^{90}Sr радионуклидін анықтау формаларының таралуы классикалыққа сәйкес келеді,

яғни радионуклидтің негізгі үлесі алмасу және қышқыл еритін форма құрамында болады. Жерүстіндегі жарылыстардан болатын құлаудың әсеріне ұшыраған аумақтарда және тікелей құлау іздері аймағында бөлу сипаты «Тәжірибе даласы» алаңына тән бөлуге сәйкес келеді, яғни ^{90}Sr негізгі құрамы берік байланысқан формада шоғырланған. ССП фондық аумағының зерттелген бөлігінің топырағында радионуклидтерді анықтау формаларының анықталған таралу заңдылықтары топырақтың түріне қарамастан ССП-ның зерттелмеген фондық аумағының қалған бөлігі үшін таралуы мүмкін, өйткені радионуклидтерді анықтау формаларының таралуына радиоактивтік ластанудың шығу тегі басты әсер етеді.

2.6 Су ортасының радиациялық жағдайы

Ұсынылған материалды ыңғайлы қабылдау үшін полигонның су ортасының радиациялық жағдайы туралы ақпарат екі бөлікке бөлінген: жерүсті сулары және ССП жерасты сулары.

Полигон жерлерінің бір бөлігі шаруашылық пайдалануға берілген жағдайда, бірінші кезекте жерүсті су көздері сұранысқа ие болатыны анық, бірақ мұндай көздердің саны шектеулі болғандықтан, құдықтар мен ұңғымалардан алынатын жерасты сularына ерекше назар аудару қажет, бұған ядролық полигон құрылғанға дейін жұмыс істеген осындай құрылыстардың көптеген қалдықтары дәлел бола алады.

Жербеткі сулар

Полигонның аумағы атмосфералық жауын-шашынның салыстырмалы түрде аз мөлшері бар және жерүсті сулары мүлдем ылғал жеткіліксіз аймаққа жатады. Жерүсті суларының гидрографиялық желісі көктемгі су тасқыны мен мол жауын-шашын кезеңдерімен байланысты уақытша су ағындары бар өзендер, көлдер мен ұсақ атаусыз бұлақтардың аз санымен ұсынылған.

а) б) в)

2.12 -сурет. ССП аумағындағы жерүсті суларының түрлері:
а) атауы жоқ көл б) бұлақ в) Шаған өзені

Зерттелетін аумақтың бұлақтарының тек көктемгі су тасқыны кезеңінде ғана жерүсті су ағыны болады, олардың арналарының ұзындығы 18-20 км-ге дейін жетеді, ағын қар еру кезеңінде қысқы атмосфералық жауын-шашын есебінен қалыптасады және толықтырылады. Жазғы жаңбыр бұған дерлік қатыспайды, өйткені олардың көп бөлігі булануға жұмсалады. Көктемгі су тасқыны жылдық ағынның 95 %-на дейін, жазғы-көктемгі сабада шамамен 5 % құрайды. Жазғы сабалық кезеңінде бұлақтардың төменгі ағысында су тұтқыш көкжектердің қоректенуіне жерүсті суларының елеулі шығындары байқалады, олардың қызметінің әлсіреуі және тіпті жерүсті ағысының толық тоқтауы орын алады [69, 70, 71, 72, 73, 74].

Көлдер таяз, табақ тәрізді ойпаттар, төмен жағалаулары бар таяз қазаншұңқырлары бар және 10 км^2 дейінгі шағын аудандарға жатады. Олардың тереңдігі әдетте 0,7 м-ден аспайды, тамақтану жауын-шашын мен еріген қар суларының шағын жергілікті бассейндерден ағып кетуіне байланысты. Қоректенудегі топырақ ағындарының үлесі, әдетте аз, кейде мүлдем жоқ. Құрғақ уақытта көлдердің көпшілігі құрғап, тұзды немесе шөпті шөгінділер пайда болады, ал үлкендерінде су жыл бойына сақталады, бірақ олар кейде су аз жылдардан кейін кебеді [69, 70, 71, 72, 73, 74].

ССП аумағында бірнеше өзен бар: Ащысу саласы бар Шаған өзені, сондай-ақ ұсақ Қарасу және Сары-Өзен өзендері. Полигон

аумағындағы осы өзендердің ұзындығы 11-64 км құрайды. Өзен арналарында үздіксіз ағын тек көктемде және қардың едәуір қоры бар жылдары ғана сақталады. Қалған жылы олардағы су тек жеке қалыптарда сақталады. Жазғы-күзгі кезеңде өзендердің жерасты қоректенуі жоқ немесе өте аз [69, 70, 71, 72, 73, 74].

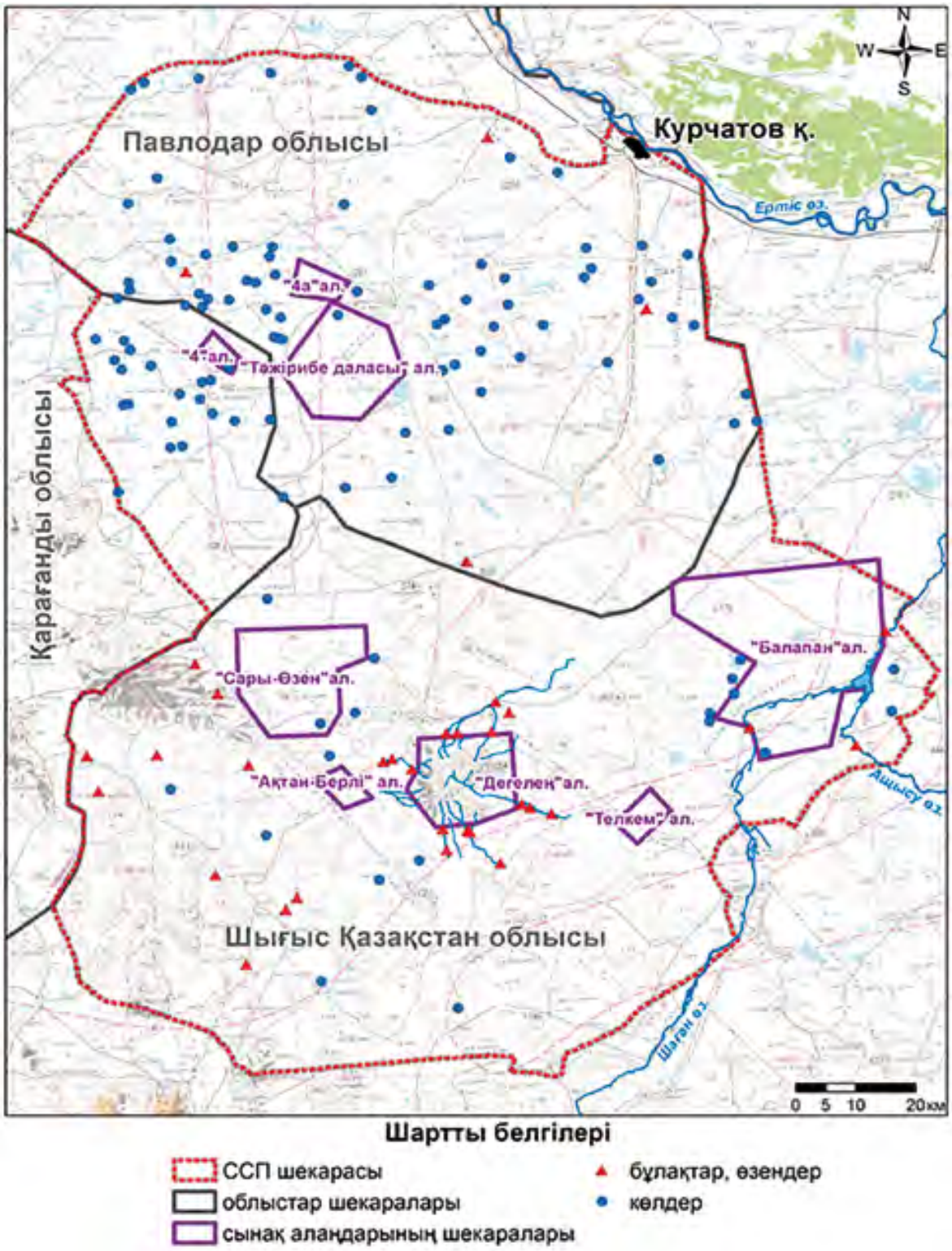
Жерүсті суларын зерттеу объектілері ретінде сынақ алаңдарынан алыс қашықтықта да, олардың шекараларына жақын орналасқан көлдер, бұлақтар мен өзендер бөлінген. Зерттеп-қарау өткізуге «Балапан» алаңынан тыс Шаған өзенінің учаскелері және «Дегелең» алаңының аумағынан басталатын және оның шекарасынан тыс ағатын Ұзынбұлақ, Қарабұлақ, Байтілес, Тоқтакүшік, Ақтыбай бұлақтары енгізілген.

Су объектілерінің орналасу орындары жоғары ажыратымдылықпен орындалған ғарыш түсірілімдерін дешифрлеу, сондай-ақ жергілікті жердің гидрологиялық карталарын пайдалану арқылы анықталды. Одан әрі су сынамаларын алумен бірге далалық шығулар жүргізілді.

Жерүсті суларын көп жылдық зерттеу барысында 130 су объектісінен су сынамаларын алу жүзеге асырылды.

Жерүсті суларын зерттеудегі басты қиындық – таңдалған формалардың көпшілігі маусымдық құрғап жатқан тұзды көлдер мен құрғап жатқан өзендердің уақытша ағындары болып табылады.

Бұл нәтижелерді интерпретациялауда түсініксіздікке әкеледі. Мәселен, үнемі құрғап тұратын су объектілерінде көктемгі кезеңдегі тасқын сулар және жазғы және күзгі кезеңдегі жаңбыр сулары су көзі болып табылады, олар бастапқыда жасанды радионуклидтерден тұрмайды. Басқаша айтқанда, маусымдық су объектілеріндегі радионуклидтердің құрамын өлшей отырып, судың «нөлдік» радиоактивтілігі айқындалады, өйткені ол ядролық сынақтардың салдарымен ешқандай байланысы жоқ. Түптік шөгінділер-су-түптік шөгінділер жүйесінде радионуклидтерді қайта бөлу процесін соңғысының жоғары сорбциялық сыйымдылығына байланысты елемеуге болады.



2.13-сурет. Су сынамаларын алу учаскелері

2.14-сурет. Жерүсті суларының үлгілерін іріктеу

Дегенмен, алынған нәтижелер бойынша «Балапан» және «Дегелең» алаңдарынан қашықта іріктеп алынған жерүсті суларының зерттелген 115 үлгісінде ^{3}H, ^{90}Sr, ^{137}Cs, ^{241}Am және $^{239+240}Pu$ меншікті белсенділігі ең төменгі анықталатын белсенділік мәнінен төмен және «Радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз етуге қойылатын санитариялық-эпидемиологиялық талаптар» гигиеналық нормативтеріне сәйкес араласу деңгейінен аспайды. [48].

2.10-кесте. Жерүсті суларын зерттеудің зертханалық талдауларының нәтижелері

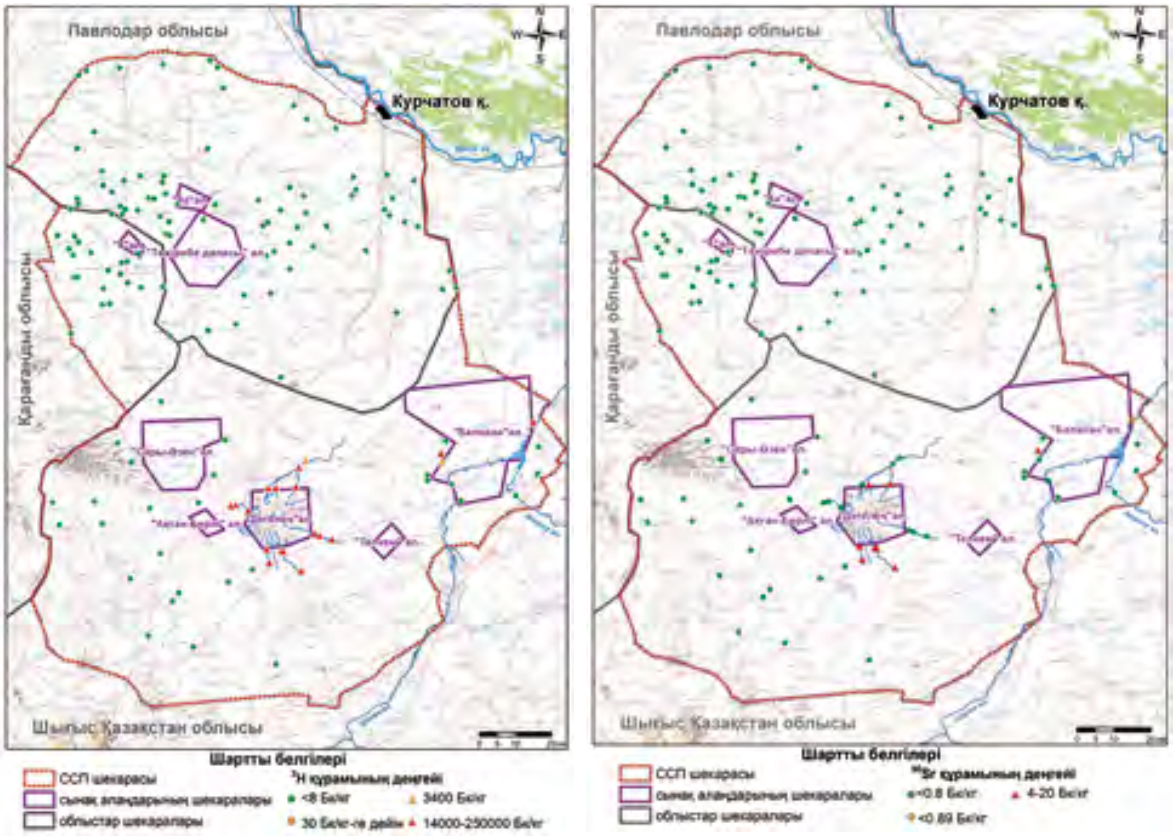
Радионуклид	^{3}H	^{241}Am	^{137}Cs	^{90}Sr	$^{239+240}Pu$
Меншікті белсенділік, Бк/кг	**«Дегелең» алаңының аумағында**				
	3400-88700 (w-3,8 %)	<0,09 (w-3,8 %)	<0,2 (w-3,8 %)	<0,8 (w-1,5 %) 4-20 (w-2,3 %)	<0,05 (w-3,8 %)
	«Балапан» алаңының аумағында				
	<8 (w-5,4 %) 30 дейін (w-0,8%) 14000-250000 (w-1,5 %)	<0,09 (w-7,7 %)	<0,2 (w-7,7 %)	<0,8 (w-6,1 %) 0,89 (w-0,8%) 20 (w-0,8%)	<0,05 (w-7,7 %)
	«Дегелең» және «Балапан» алаңдарынан алыс объектілер				
	<8 (w–88,5 %)	<0,09 (w–88,5 %)	<0,2 (w-88,5 %)	<0,8 (w-88,5 %)	<0,05 (w-88,5 %)
Араласу деңгейі, Бк/кг	7600	0,69	11	4,9	0,55
Ескерту: «w» – судағы радионуклидтің меншікті белсенділігінің кездесу жиілігі %					

Дегелең алаңы ауданында орналасқан Ұзынбұлақ, Қарабұлақ, Байтілес, Тоқтакүшік және Ақтыбай бұлақтарының радионуклидтер құрамының жоғары деңгейі орын алған. Негізгі ластаушы радионуклид ^{3}H болып табылады. Ағын суындағы ^{3}H меншікті белсенділігі араласу деңгейінен 3 есе немесе одан да көп. Байтілес өзенінің суларында оның мөлшері 66000 Бк/кг жетеді.

Ұзынбұлақ жылғасының суларындағы ^{3}H меншікті белсенділігінің ең жоғары мәні 35 000 Бк/кг, Тоқтакүшік жылғасының суларында – 88 700 Бк/кг құрайды. Қарабұлақ және Ақтыбай бұлақтары үшін «Дегелең» алаңының шекарасынан соңғы ағынға дейін алыстауына қарай ^{3}H шоғырлануының төмендеуі тән: Ақтыбай бұлағында 33 500 Бк/кг бастап 10 800 Бк/кг дейін және Қарабұлақ бұлағында 32 400 Бк/кг бастап 3 400 Бк/кг дейін. «Дегелең» алаңының аумағынан шығу учаскелерінде ^{90}Sr жоғары құрамы Қарабұлақ жылғасында 10-нан 20 Бк/кг дейінгі диапазонда тіркелді. Сондай-ақ, ^{90}Sr құрамындағы мөлшерлік мәндер Байтілес өзенінің суларында байқалады. Бұл жағдайда радионуклидтің меншікті белсенділігі 4 Бк/кг құрайды және араласу деңгейінің мәніне жақын (4,9 Бк/кг). Тоқтакүшік бұлағының суларында ^{90}Sr мөлшері 15 Бк/кг құрайды, бұл араласу деңгейінен 3 есе жоғары. Ағын суларындағы радионуклидтердің ^{137}Cs, $^{239+240}$Pu және ^{241}Am шоғырлануы анықтау шегінен төмен және араласу деңгейінің мәнінен аспайды (тиісінше 11 Бк/кг, 055 Бк/кг және 0,69 Бк/кг).

«Балапан» алаңы ауданында ^{3}H, ^{90}Sr, ^{137}Cs, ^{241}Am және $^{239+240}$Pu жасанды радионуклидтер негізінен анықтау шегінен төмен мөлшерде болады және ауыз су үшін нормативтік мәндерден аспайды. Шұңқырсор көлінің суында ^{3}H-ден 30 Бк/кг-ға дейінгі құрам анықталды, алайда бұл нақты белсенділік рұқсат етілген араласу деңгейінен аспайды. Радионуклидтердің жоғары мөлшері екі объектіде – Кішкенесор көлінде және Шаған өзенінде тіркелді. Кішкенесор көлінің сулары үшін ^{3}H және ^{90}Sr радионуклидтерімен ластану байқалады. Жекелеген учаскелерде ^{3}H судағы мөлшері 250 000 Бк/кг-ға, ^{90}Sr – 20 Бк/кг-ға дейін жетеді.

Шаған өзенінде «Атом көліне» құйылғанға дейін радионуклидтердің мөлшерлік мәндері тіркелмеген. Өзеннің осы учаскесіндегі радионуклидтердің құрамы анықтау шегінен төмен болады және рұқсат етілген нормативтерден аспайды. Алайда, «Балапан» алаңының аумағынан шыққаннан кейін меншікті белсенділік деңгейі ^{3}H және ^{90}Sr артады. ^{3}H құрамы 14 000 Бк/кг құрайды, бұл араласу деңгейінен (7 600 Бк/кг) 1,8 есе жоғары. ^{90}Sr құрамы 0,89 Бк/кг деңгейінде (араласу деңгейінен 5,5 есе төмен). ^{137}Cs, $^{239+240}Pu$ және ^{241}Am шоғырлануы анықтау шегінен төмен.



2.15-сурет. Жерүсті суларында ^{3}H және ^{90}Sr бар учаскелер

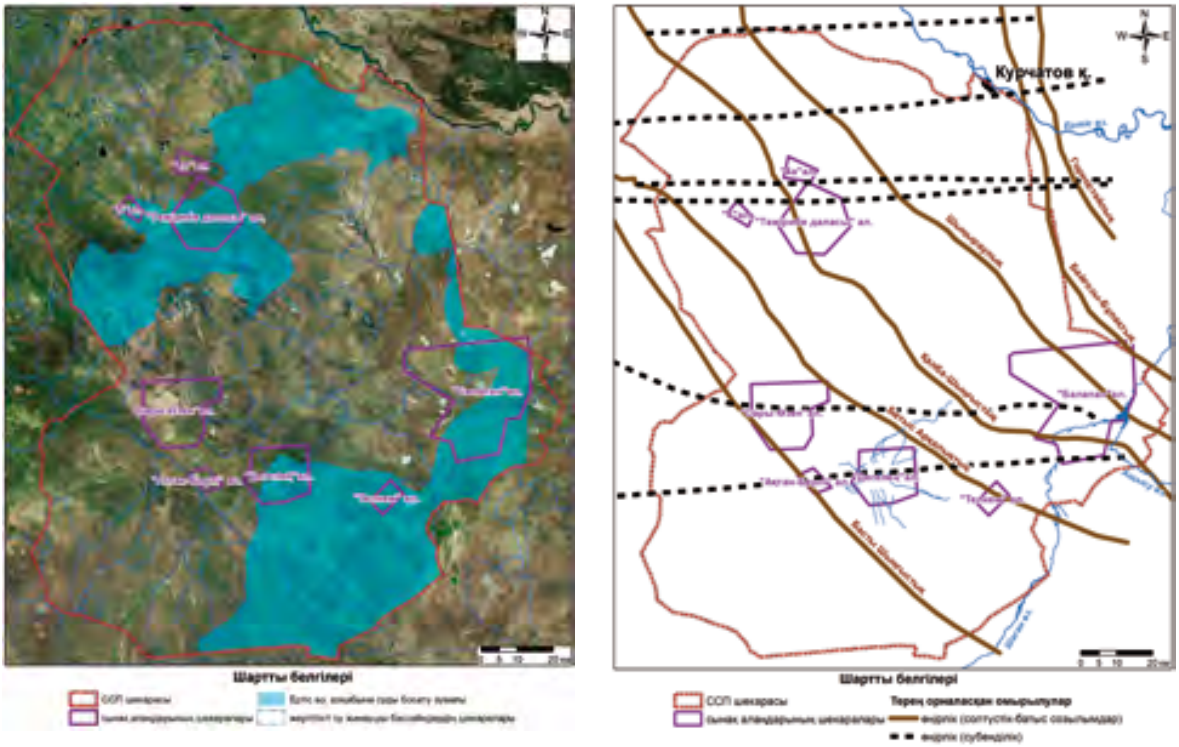
Қорытынды

Осылайша, Қарабұлақ, Ұзынбұлақ, Байтілес, Ақтыбай, Тоқтакүшік бұлақтарының, Кішкенесор көлінің сулары, сондай-ақ Шаған өзенінің учаскесі «Балапан» алаңының аумағынан шыққаннан кейін радиациялық қауіп төндіруі мүмкін.

Барлық басқа зерттелген жерүсті суларында (көлдер, бұлақтар, Шаған өзенінің «Атом көліне» құйылғанға дейінгі учаскесі) жасанды радионуклидтердің болуы араласу деңгейінің мәнінен аспайды. Осы объектілердің көпшілігі сынақтар жүргізу орындарынан және қайталама ластану көздерінен (радионуклидтер құрамының жоғары деңгейі бар жерүсті сулары) қашықтықта орналасады. Сондай-ақ жерасты суларымен радионуклидтердің түсу ықтималдығы жоқ. Осылайша, бұдан әрі осы көлдердің, бұлақтар мен өзендердің суларында нормадан асатын мөлшерде жасанды радионуклидтердің болуы күтілмейді. Радиациялық компонент тұрғысынан бұл объектілер қауіпті емес.

Жерасты сулары

Полигондағы жерасты сулары жерасты және жарықшақтық сулары түрінде ұсынылған (2.16-сурет).



а) б)

2.16 -сурет. ССП жерасты сулары: а) су жинау учаскелері және жерасты суларының қозғалыс бағыты; б) жарықшақтық сулардың өңірлік омырылуы

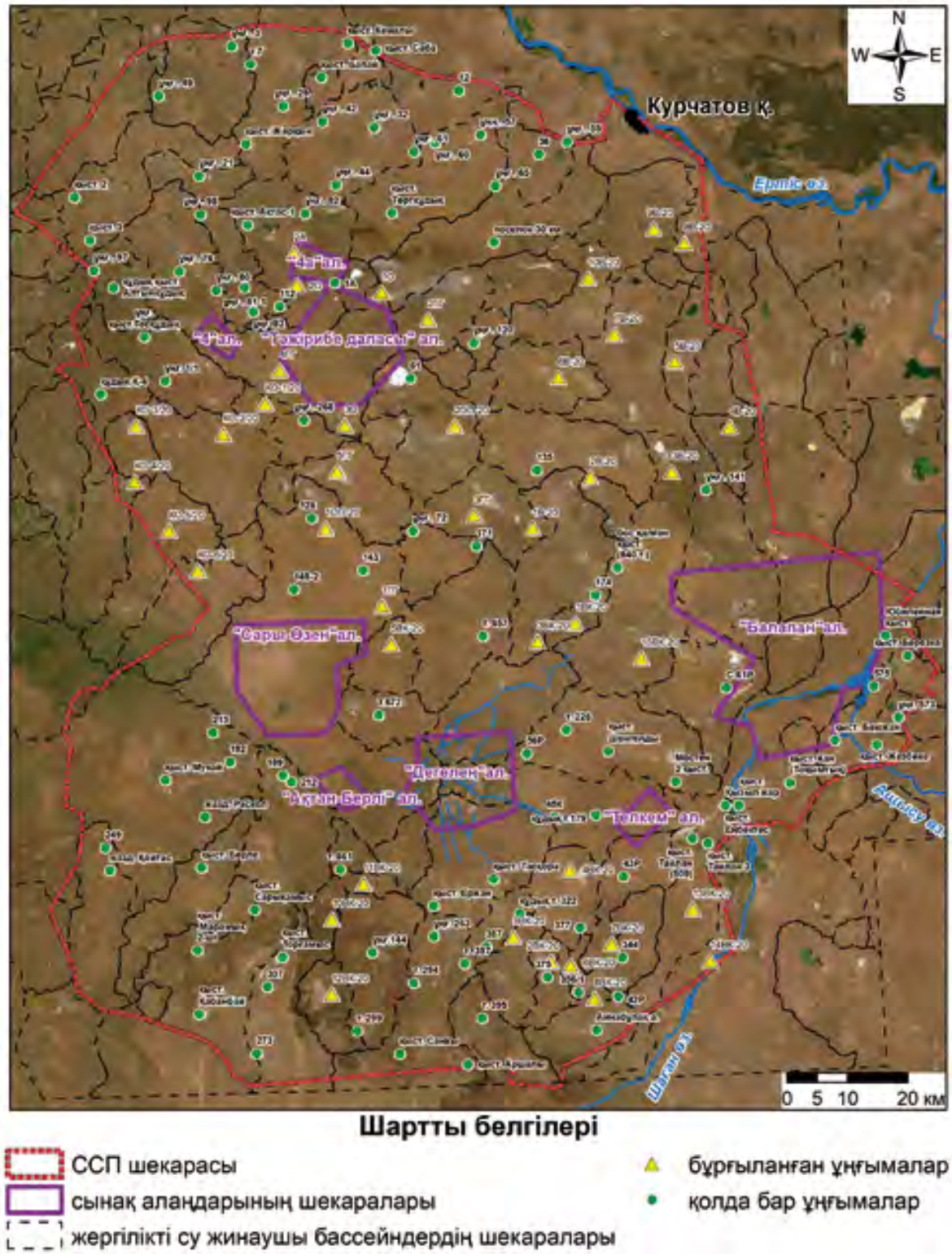
Жерасты сулары борпылдақ төрттік шөгінділерде айналады және саздар мен ауа-райының қабығынан тұратын әртүрлі су өткізбейтін табандарда орналасады. Көкжиектің жерасты суларының қуаттылығы 2,5-50 м. ССП аумағының геологиялық-құрылымдық ерекшеліктеріне байланысты жерасты сулары су жинау бассейндерінде оқшауландырылған. Аумақтың гидравликалық еңісіне сәйкес жерасты суларының қозғалысының бағыты Ертіс өзенінің жайылмасына, яғни солтүстік, солтүстік-шығыс аймақтық сипатқа ие [75].

Жарықшақтық сулар үлкен тектоникалық бұзылулар аймағында – палеозой іргетасының байырғы жыныстарында, сондай-ақ экзогендік жарықтардың беткі аймақтарында жиі кездеседі. Су қозғалысының бағыты солтүстік-батыс созылымның тектоникалық жарылу бағытына сәйкес келеді. Аймақтық жарықшақтық суларының таралу тереңдігі 40-100 м құрайды.

ССП аумағындағы жерасты суларының ахуалын зерттеуге жоғарғы протерозойлық-палеозойлық шөгінділердің желдену аймағындағы жарықшақтық суларының, сондай-ақ борпылдақ шөгінділердегі жерасты суларының радиоактивті ластануын зерттеу кірді.

Ол үшін 60-70 жылдары құрылған және жаңадан бұрғыланған гидрогеологиялық ұңғымалардағы жерасты және жарықшақтық сулардың сынамалары алынды.

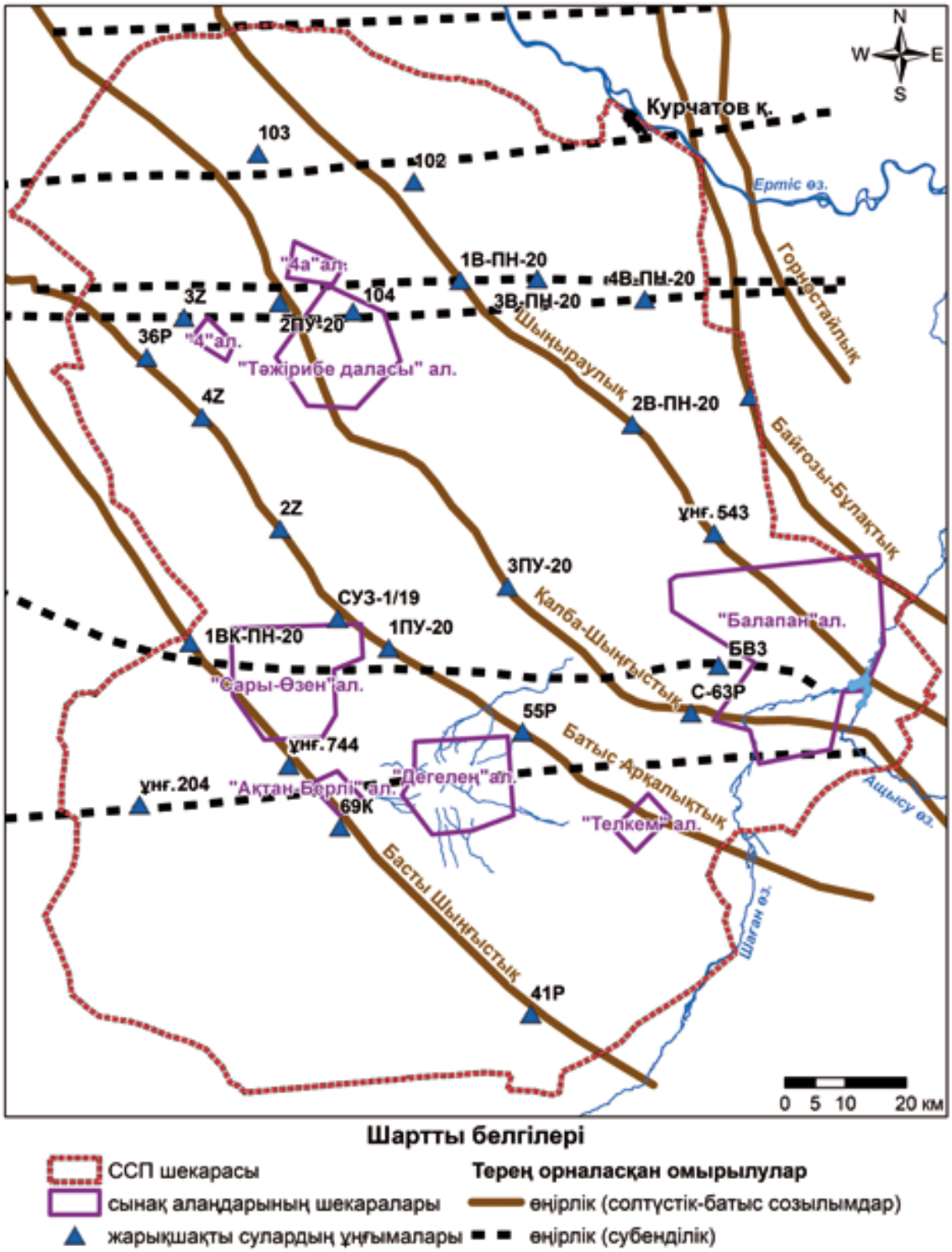
Жерасты суларының радиоактивті ластануын зерттеу ССП-ның барлық ағынды және ағынсыз су жиналу учаскелерінде жүргізілді, олар ұсақ шоқылы жерлердегі көптеген жергілікті бассейндерден тұрады. Жерасты суларының радиациялық жағдайын бағалау үшін қолда бар 74 су алу құрылғысы (ұңғымалар, құдықтар) пайдаланылды, сондай-ақ 65 қосымша барлау шнекті ұңғымасы бұрғыланды (2.17-сурет).



2.17-сурет. Жерасты суларын зерттеу учаскелері

Жарықшақтық суларды зерттеп-қарау Қалба-Шыңғыс, Батыс Арқалық, Шыңырау сияқты ірі өңірлік сынықтарда, сондай-ақ

әртүрлі субендік сынықтарда жүргізілді. Осыған байланысты, жергілікті жердің тектоникалық картасына сәйкес, бұзылу аймақтарында 25 ұңғыма бұрғыланды (2.18-сурет).



2.18-сурет. Жарықшақтық суларды зерттеу учаскелері

Іріктелетін сынамалардың көлемі ^{137}Cs, ^{90}Sr, $^{239+240}Pu$ және ^{241}Am талдау үшін 10 л және ^{3}H талдау үшін 20 мл құрады. Сынақ нәтижелерінің сапасын бақылау мақсатында кейбір учаскелерде 2-3 параллель сынамалар алынды (2.19-сурет).

2.19-сурет. Жерасты суларының үлгілерін іріктеу

2.11-кесте. Жерасты суларын зерттеудің зертханалық талдауларының нәтижелері

Радионуклид	^{3}H	^{241}Am	^{137}Cs	^{90}Sr	$^{239+240}Pu$
Меншікті белсенділік, Бк/кг	<8 (w-92 %) <8-7000 (w-8 %)	<0,02 (w-100 %)	<0,02 (w-100 %)	<0,02 (w-97 %) <0,02-4,0 (w-3 %)	<0,001 (w-100 %)
Араласу деңгейі, Бк/кг [48]	**7600**	**0,69**	**11**	**4,9**	**0,55**
Ескерту: «w» – судағы радионуклидтің меншікті белсенділігінің кездесу жиілігі %					

Зертханалық талдаулардың деректеріне сәйкес, ^{241}Am, ^{137}Cs және $^{239+240}Pu$ жасанды радионуклидтердің меншікті белсенділігінің мәні жерасты суларының зерттелген барлық 139 учаскелерінде пайдаланылатын аппаратуралық-әдістемелік қамтамасыз етуді анықтау шегінен төмен болып табылады, олар мыналарды құрайды: ^{137}Cs үшін – 0,02 Бк/кг, ^{241}Am үшін – 0,02 Бк/кг, $^{239+240}Pu$ үшін – 0,001 Бк/кг (2.11-кесте).

Зерттеудің 10 учаскесіндегі ^{3}H меншікті белсенділігі 10-нан 7000 Бк/кг-ға дейін өзгереді, бұл «Радиациялық қауіпсіздікті

қамтамасыз етуге қойылатын санитариялық-эпидемиологиялық талаптар» гигиеналық нормативтеріне сәйкес ауыз суды ұстау бойынша араласу деңгейінің мәнінен аспайды [48]. 4 ұңғыманың жерасты суларындағы ^{90}Sr мөлшері 0,02-4,0 Бк/кг мәндерінің шегінде болады, бұл да араласу деңгейінің мәнінен аспайды.

Жерасты суларында меншікті белсенділігі 7000 Бк/кг дейін ^{3}H және ^{90}Sr – 4,0 Бк/кг дейінгі мөлшерлік мәндері бар учаскелер Қарабұлақ бұлағының, Қарасор көлінің ойпаттары, Ұзынбұлақ алқабы, Қосқұдық шатқалы мен Жыңғылды көлінің қазаншұңқырларының су жинау бассейндері шегінде табылды. Бұл су жинау бассейндері Дегелең тау массивінің шегінде орналасқан және ластанған жерүсті су ағындарының әсер ету аймағында орналасқан.

Зертханалық талдаулардың деректеріне сәйкес, жарықшақтық сулардың зерттелген барлық 25 учаскесінде ^{241}Am, ^{137}Cs және $^{239+240}$Pu жасанды радионуклидтердің меншікті белсенділігінің мәндері пайдаланылатын аппаратуралық-әдістемелік қамтамасыз етуді анықтау шегінен төмен (2.12-кесте). Зерттеудің 3 учаскесіндегі ^{3}H меншікті белсенділігі <8-ден 5000 Бк/кг-ға дейінгі шекте өзгереді, бұл «Радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз етуге қойылатын санитариялық-эпидемиологиялық талаптар» гигиеналық нормативтеріне сәйкес ауыз суды ұстау бойынша араласу деңгейінің мәнінен аспайды [48]. 3 ұңғыманың жарықшақтық суларындағы ^{90}Sr құрамы 0,02-4,0 Бк/кг мәндерінің шегінде болады, бұл да араласу деңгейінің мәнінен аспайды.

2.12-кесте. Жарықшақтық суларды зерттеудің зертханалық талдауларының нәтижелері

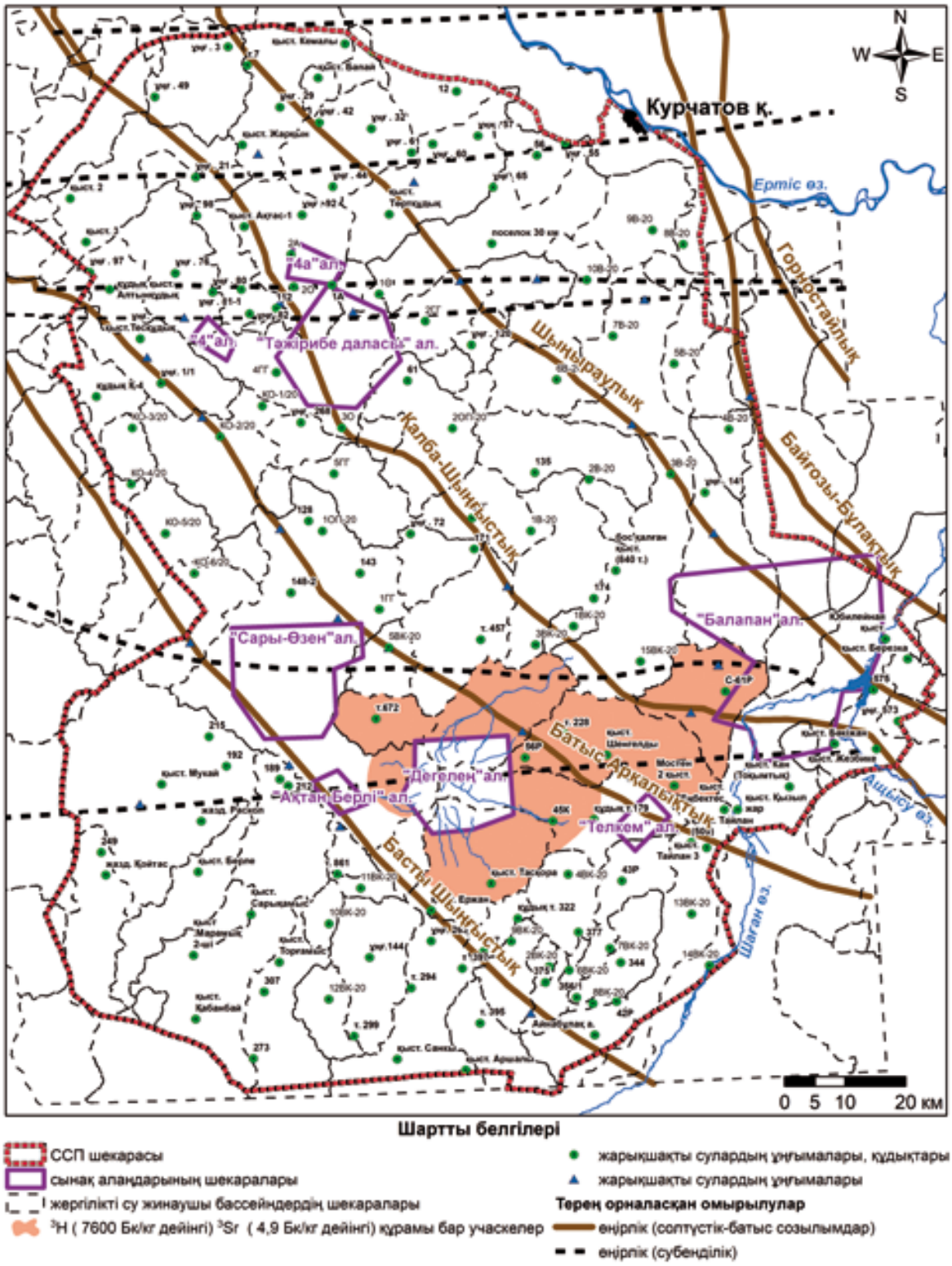
Радионуклид	**^{3}H**	**^{241}Am**	**^{137}Cs**	**^{90}Sr**	**$^{239+240}$Pu**
меншікті белсенділік, Бк/кг	<8 (w-97 %) <8-5000 (w – 3 %)	<0,02 (w-100 %)	<0,02 (w-100 %)	<0,02 97 %) <0,02-4,0 (w-3 %)	<0,001 (w- 100 %)
араласу деңгейі, Бк/кг [48]	**7600**	**0,69**	**11**	**4,9**	**0,55**
Ескерту: «w» – судағы радионуклидтің меншікті белсенділігінің кездесу жиілігі %					

Жарықшақтық суларда ^{3}H және ^{90}Sr бар учаскелер «Дегелең» алаңының шегінде Батыс Арқалық өңірлік омырылуында (55 Р ұңғымасы), сондай-ақ «Балапан» алаңының ауданында Қалба-Шыңғыс омырылуы бөлігінде (С63-Р ұңғымасы) және Қаражүрек ойпатының субендік омырылуында (БВ-3 ұңғымасы) табылды. Бұл учаскелердегі жарықшақтық суларының ластануы Дегелең тау массивінің жерүсті суларының және «Балапан» алаңының оңтүстік-батыс бөлігіндегі Кішкенесор көлінің ластанған учаскесінің әсерінен болады.

Осылайша, араласу деңгейінен аспайтын ^{3}H (30-дан 7 000 Бк/кг-ға дейін) және ^{90}Sr (0,4-тен 4 Бк/кг-ға дейін) жасанды радионуклидтердің мөлшерлік мәндері «Дегелең» және «Балапан» сынақ алаңдарының маңындағы топырақты да, жарықшақтық суларда да байқалады (2.20-сурет).

Бұл аумақтарда ^{3}H және ^{90}Sr мөлшерлік мәндерінің болуы әбден мүмкін, өйткені жерасты суларының көкжиегі Дегелең тау массивінің негізгі су артериялары арқылы өтетін штольнялардан келетін су ағындарының әсер ету аймағында орналасқан. «Дегелең» алаңындағы мұндай су ағындарының барлығы 12-ге жуық, бірақ олардың барлығы сынақ алаңынан тысқары шығатын негізгі су ағындарымен (бұлақтармен) генетикалық байланысты. Бұл Ұзынбұлақ, Тоқтакүшік, Байтілес, Ақтыбай бұлақтары және атауы жоқ бірқатар маусымдық су ағындары. Сондай-ақ, «Балапан» алаңының оңтүстік-батыс бөлігінде ^{3}H және ^{90}Sr мөлшерлік мәндерінің болуы радионуклидтердің жарықшақтық сулармен жылыстауына байланысты.

Сонымен қатар, «Дегелең» тау массиві мен «Балапан» алаңының оңтүстік-батыс бөлігі тұйық су тұтқыш бассейндермен қоршалғанын ескере отырып, жасанды радионуклидтердің анықталған учаскелерден тыс жерлерге одан әрі жылыстауы ұзақ мерзімдегі перспективада екіталай. Бұған сынақ алаңдарынан тыс ССП аумағының көп бөлігінде жасанды радионуклидтердің болуы анықталмаған көпжылдық деректердің нәтижелері де дәлел бола алады.



2.20-сурет. Жерасты және жарықшақтық суларында ^{3}H және ^{90}Sr мөлшерлік мәндері бар учаскелер

Осылайша, жүргізілген зерттеулер «Дегелең» алаңынан радиоактивті ластануды шығару бұлақтардың суларымен жүзеге асырылатындығын көрсетті, олар өз кезегінде штольнялық су ағындарына түседі. Бұл бұлақтарға Ұзынбұлақ, Қарабұлақ, Байтілес, Тоқтакүшік және Ақтыбай жатады. Олардың суларының негізгі радиоактивті компоненті ^{3}H болып табылады, ол араласу деңгейінің мәнінен 1,5-12 есе асатын мөлшерде болады. Бұдан басқа, Қарабұлақ және Тоқтакүшік бұлақтарының суларында араласу деңгейінен 3-4 есе асатын ^{90}Sr құрамы байқалады.

^{3}H радионуклидін «Балапан» алаңынан тыс жерлерге тарату Шаған өзенінің суларымен жүзеге асырылады. Бұған араласу деңгейінен 2 есе көп мөлшерде өзен суларында ^{3}H құрамы туралы мәліметтер дәлел бола алады. «Балапан» алаңы аумағынан радионуклидтердің жылыстауы туралы Кішкенесор көлі суларының ^{90}Sr және ^{3}H радионуклидтермен ластануы да дәлелдейді, олардың судағы құрамы араласу деңгейінің мәнінен 33 есе (^{3}H) және 4 есе (^{90}Sr) асып түседі. Бұл жағдайда радиоактивті ластанудың жылыстауы жерасты сулары болып табылады, жылыстаудың басқа айқын механизмдері жоқ.

Қорытынды

Жерасты және жарықшақтық суларын зерттеу нәтижелері бойынша жасанды радионуклидтердің сынақ алаңдарынан тыс жерлерге жылыстауы «Дегелең» және «Балапан» алаңдары ауданында байқалатыны анықталды. Бұл аталған учаскелердегі жерасты суларының көкжиегі Дегелең тау массивінің негізгі су артериялары арқылы өтетін штольнялардан келетін су ағындарының, сондай-ақ «Балапан» алаңының оңтүстік-батыс бөлігіндегі учаскелердің әсер ету аймағында орналасқандығына байланысты, онда Кішкенесор көлі ауданында жасанды радионуклидтердің жылыстауы байқалады. Бұл ретте ССП аумағының басым бөлігінде ^{241}Am, ^{137}Cs және $^{239+240}Pu$ радионуклидтерінің мөлшерлік құрамы тіркелмеген.

2.7 Атмосфералық ауаның радиациялық жағдайы

Атмосфералық ауаның радиациялық жағдайын бағалау өте қиын міндет, өйткені ауадағы белгілі бір қоспалардың мөлшері көбінесе белгілі бір уақытта климаттық жағдайларға байланысты және кең ауқымда өзгеруі мүмкін. Көп жағдайда атмосфералық ауаның радиациялық ахуалының бақыланатын шамасы радионуклидтердің орташа жылдық көлемдік белсенділігі болып табылады, ол, сайып келгенде, тиісті коэффициенттерді пайдалана отырып, радионуклидтердің оның ағзасына ингаляциялық (тыныс алу кезінде) түсуінен адамның сәулелену дозасын анықтауға мүмкіндік береді.

Атмосфералық ауадағы радионуклидтердің орташа жылдық көлемдік белсенділігін айқындау жыл бойы үздіксіз іріктеумен және өлшеулермен жүргізіледі, бұл ССП-ны зерттеу жағдайында іс жүзінде мүмкін емес (үлкен алаң, инфрақұрылымның болмауы, қызмет көрсетілетін жолдардың болмауы, бұл қысқы уақытта жүріп-тұруды қиындатады және т.б.).

Осыған байланысты, полигондағы атмосфералық ауадағы радионуклидтердің орташа жылдық көлемдік белсенділігін анықтау үшін баламалы есептеу әдісі қолданылды, ол өнеркәсіптік кәсіпорындар мен объектілер жоқ жерлердегі Ауа ортасының негізгі ластаушысы топырақ, дәлірек айтқанда, шаң түрінде ауа ортасына түсетін оның ұсақ дисперсті фракциясы болып табылады деген болжамға негізделген.

Топырақтың ұсақ дисперсті фракциясындағы радионуклидтердің құрамын, сондай-ақ зерттелетін жер учаскесінің атмосфералық ауасындағы қалқыма бөлшектердің орташа жылдық шоғырлануын (тозаңдануын) біле отырып, атмосфералық ауадағы радионуклидтердің орташа жылдық көлемді белсенділігін есептеуге болады.

ССП аумағындағы ауа ортасына радионуклидтердің түсуінің негізгі ықтимал көздері мыналар болып табылады:

– сынақтар мен эксперименттер жүргізу нәтижесінде пайда болған және сынақ алаңдарында («Тәжірибе даласы») орналасқан радионуклидтер мөлшері жоғары учаскелер,

«Балапан», «Дегелең», «Сары Өзен», «4» және «4А»);

– сынақ алаңдарынан тыс радиоактивті түсулердің іздері, олар ауа-райының қолайсыз жағдайлары нәтижесінде радионуклидтердің қоршаған орта объектілерінде қайта тасымалдануы және қайта бөлінуі кезінде қауіп төндіруі мүмкін.

Жасанды радионуклидтердің әуе жолымен екінші рет таралу мүмкіндігі тиісті зерттеулер шеңберінде дәлелденді [76]. Алынған деректер атмосфералық ортаның неғұрлым қолайсыз жағдайларында (жасанды шаңдану және дала өрті) ауада жасанды радионуклидтердің жоғары құрамы пайда болатындығын көрсетті. Радиоактивті ластану жағдайында ауыл шаруашылық жұмыстарын жүргізу [77] ауадағы жасанды радионуклидтердің көбеюіне ықпал етеді.

Бұл ретте, атмосфералық ауадағы радионуклидтердің орташа жылдық белсенділігін айқындаудың есептік әдісінен басқа, полигонның әртүрлі бөліктеріндегі ауадағы радионуклидтердің белсенділігін бір реттік өлшеу жүргізілді.

Бір реттік өлшеулер жазғы кезеңде, осы өңір үшін қалыпты метеорологиялық жағдайларда, яғни қатты жел, жауын-шашын және т.б. болмаған кезде жүргізілді, бұл ауадағы радионуклидтердің шоғырлануын, былайша айтқанда, «төменнен», яғни қолайлы жағдайларда бағалауға мүмкіндік береді. Осы жағдайларда ауадағы радионуклидтердің жоғары шоғырлануы ССП ауа ортасының ластануының елеулі проблемаларын көрсетеді.

Атмосфералық ауадағы радионуклидтердің орташа жылдық көлемдік белсенділігін есептеу

Көптеген эпидемиологиялық зерттеулерге сүйене отырып, 10 мкм және одан аз тоқтатылған бөлшектер тыныс алу жолына түсетін ауадағы бөлшектердің бөлігін құрайды (деммен жұту фракциясы) [78, 79]

Топырақтың ұсақ дисперсті фракциясындағы радионуклидтер шоғырлануының белгілі мәндері және атмосфералық ауадағы қалқыма бөлшектердің орташа жылдық шоғырлануы (шаңдану) кезінде атмосфералық ауадағы радионуклидтердің орташа жылдық көлемдік белсенділігін мынадай формула бойынша есептеуге болады:

$$A_{vi} = A_{i,10} \times P_{sus},$$

мында

A_{vi} – атмосфералық ауадағы і-лік радионуклидтің орташа жылдық көлемдік белсенділігі, Бк/м^3;

$A_{i,10}$ – топырақтың ұсақ дисперсті фракциясындағы і-лік радионуклидтің меншікті белсенділігі (10 мкм дейін), Бк/кг;

P_{sus} – зерттелетін жер учаскесінің атмосфералық ауасындағы қалқыма бөлшектердің орташа жылдық шоғырлануы, кг/м^3.

Басқаша айтқанда, егер топырақ фракциясындағы радионуклидтердің құрамы полигонның кез келген нүктесінде 10 мкм-ден аз болса, атмосфералық ауадағы радионуклидтердің орташа жылдық көлемдік белсенділігін дәл осы нүктеде есептеуге болады.

Алайда, топырақ фракциясындағы радионуклидтердің құрамын анықтау 10 мкм-ден аз уақытты қажет ететін процесс болып табылады және оны полигонның әр нүктесі үшін қолдануға болады, және бұл мүмкін емес. Бұл ретте, қолда топырақтың жоғарғы қабатының 18 мыңға жуық үлгілерін зертханалық талдау нәтижелері бар, ол іс жүзінде радионуклидтердің атмосфералық ауаға түсуінің негізгі көзі болып табылады.

Сондықтан, барлық 18 мың сынамада 10 мкм кем топырақ фракциясындағы радионуклидтердің құрамын анықтамау үшін (бұл процесс бірнеше ондаған жылды алар еді), ол тек екі массивке топтастырылған сынамалардың бір бөлігі үшін ғана анықталды: ССП-ның (радиоактивті ластануға ұшырамаған) фонды аумақтарында іріктелген сынамалар және топырақтағы радионуклидтердің меншікті белсенділігінің жоғары мәндері бар учас-

келерде іріктелген сынамалар (радиоактивті-ластанған аумақтар). Ол үшін 10 мкм кем топырақ фракциясындағы радионуклидтердің меншікті белсенділігінің бастапқы Сынамадағы гранулометриялық фракцияларға бөлінбеген радионуклидтердің меншікті белсенділігіне қатынасын айқындайтын коэффициент ($K_{фi}$) енгізілді. Яғни, топырақ жамылғысының жоғарғы қабатының өлшенген үлгісінен радионуклидтердің құрамы анықталған 10 мкм-ден аз фракция бөлінді. Бұдан әрі 10 мкм-ден аз фракциядағы радионуклидтер белсенділігінің бастапқы сынамадағы радионуклидтер белсенділігіне арақатынасы анықталды.

Содан кейін фондық аумақтар мен радиоактивті ластанған аумақтар үшін $K_{фi}$ коэффициенттерінің орташа мәндерінің арасында одан әрі есептеулер үшін максималды мәні бар коэффициент таңдалды. Бұл атмосфералық ауадағы радионуклидтердің орташа жылдық көлемдік белсенділігін есептеуде «жоғарыдан» бағалауды орындауға мүмкіндік берді, яғни есептік орташа жылдық белсенділік кейбір қауіпсіздік қорымен шықты. $K_{фi}$ коэффициенті мына формула бойынша есептелді:

$$K_{фi} = \frac{A_{i,10}}{A_i},$$

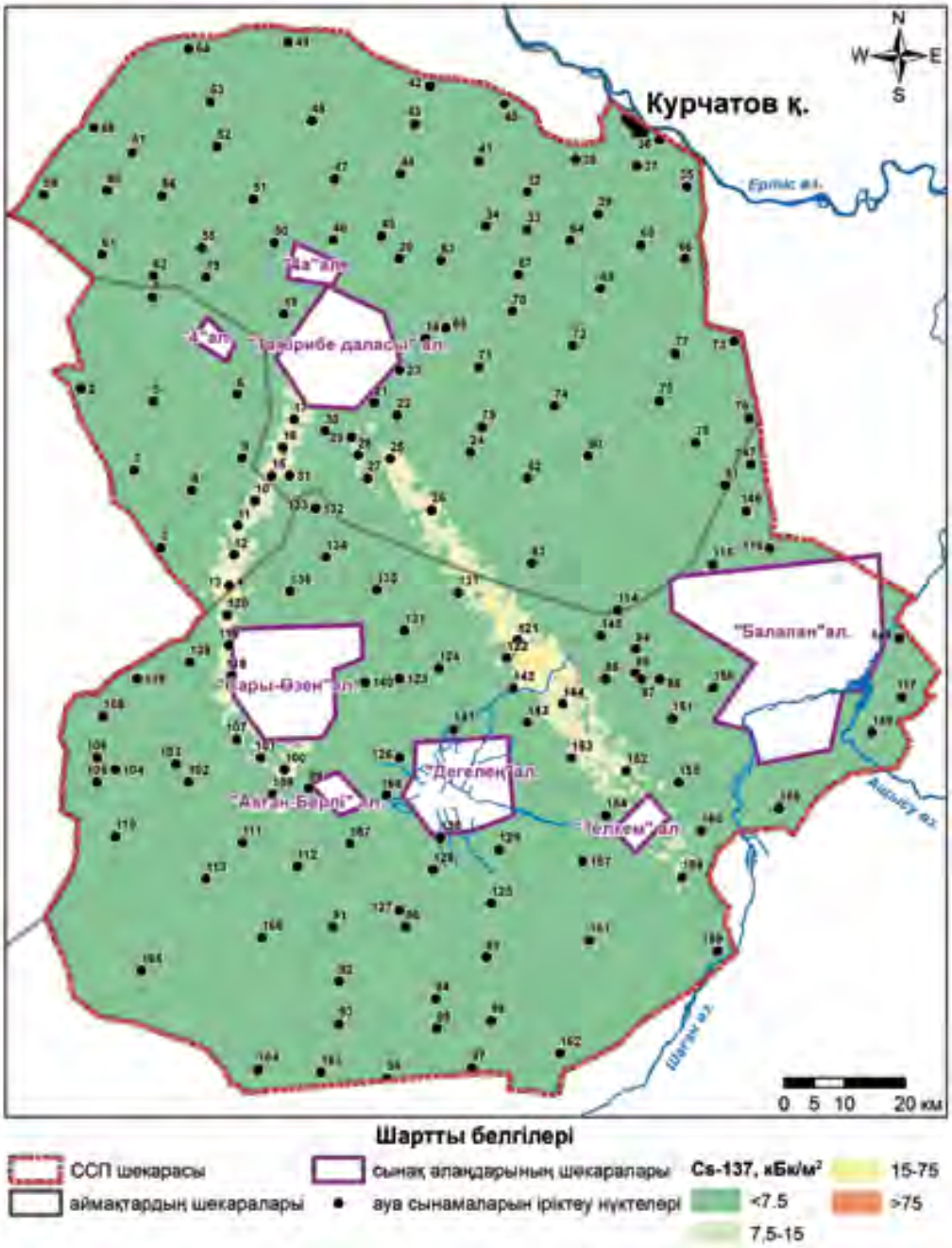
мында:

$A_{i,10}$ – топырақтың ұсақ дисперсті фракциясындағы і-лік радионуклидтің меншікті белсенділігі (10 мкм дейін), Бк/кг;

A_i – топырақ жамылғысының жоғарғы қабатындағы (0-5 см) і-лік радионуклидтің меншікті белсенділігі, Бк/кг.

ССП аумағында $K_{фi}$ коэффициентін анықтау үшін 168 топырақ сынамасы алынды. Топырақ сынамаларын іріктеу 100 км^2-ге кемінде бір сынама есебінен жүргізілді (ССП сынақ алаңдарының аумақтарын есептемегенде). Топырақ сынамаларын алуға арналған нүктелер топырақтағы радионуклидтердің жоғары шоғырлануы бар учаскелерді (жерүсті сынақтарынан кейін түсетін түсулердің іздері) және радионуклидтер шоғырлануының фон-

дық деңгейі бар аймақтарды ескере отырып, ССП бүкіл аумағы бойынша біркелкі бөлінді. Топырақ сынамаларын алу алаңдарын іріктеу кезінде топырақ жамылғысының алаңдық ластануын зерттеу деректері пайдаланылды.



2.21-сурет. ССП атмосфералық ауасындағы радионуклидтердің орташа жылдық көлемдік белсенділігін анықтаудың есептік әдісі үшін топырақ сынамаларын алу нүктелерінің орналасу схемасы

Топырақ сынамаларынан <10 мкм фракциясының бөлінуі сулы ортада тұндыру әдісімен жүргізілді [1].

$K_{фi}$ коэффициенттерін есептеуде пайдаланылатын аппаратуралық-әдістемелік қамтамасыз етуді анықтау шегінен төмен топырақтағы және топырақ фракцияларындағы радионуклидтердің меншікті белсенділігінің деректері ескерілмеген. Осылайша, $K_{фi}$ коэффициенттерін есептеу үшін іріктеу көлемі: ^{241}Am – 60, ^{137}Cs – 132, ^{90}Sr – 46, $^{239+240}$Pu – 65 мәндерін құрады. Радионуклидтер үшін $K_{фi}$ коэффициенттері мәндерінің белгіленген диапазоны: ^{241}Am – 0,04-15; ^{137}Cs – 0,14-7,2; ^{90}Sr – 0,02-9,7; $^{239+240}$Pu – 0,02-45 құрады. Жерүстіндегі жарылыстар салдарынан пайда болған жаһандық түсулер мен жергілікті түсулердің радиоактивті бөлшектерін қалыптастыру тетіктерінің айырмашылығы салдарынан радионуклидтердің гранулометриялық фракциялар бойынша топырақтағы радионуклидтер шоғырлануының жоғары (жер бетіндегі сынақтардан түсу іздері) және фондық деңгейлері бар учаскелерде таралу сипаты айтарлықтай ерекшеленуі мүмкін. Осыған байланысты топырақтағы радионуклидтер шоғырлануының жоғары деңгейлері бар учаскелер үшін жеке (жерүсті сынақтарынан түсетін түсулер іздері) және топырақтағы радионуклидтер шоғырлануының фондық деңгейлері бар аймақтар үшін жеке $K_{фi}$ коэффициенттерінің орташа мәндерін есептеу жүргізілді.

Топырақтағы радионуклидтер шоғырлануының жоғары (жерүсті сынақтарынан кейінгі түсудің іздері) және фондық деңгейлері бар учаскелерде $K_{фi}$ коэффициенттерінің орташа мәндері: тиісінше ^{241}Am – 2,22 және 1,43; ^{137}Cs – 1,25 және 2,41; ^{90}Sr – 1,77 және 2,57; $^{239+240}$Pu – 3,37 және 2,38 құрады. ^{241}Am, $^{239+240}$Pu радионуклидтер $K_{фi}$ коэффициенттерінің ең жоғары орташа мәндері топырақтағы радионуклидтер шоғырлануының жоғары деңгейлері бар учаскелерде (жерүсті сынақтарынан кейін түсетін түсулердің іздері), ^{137}Cs, ^{90}Sr радионуклидтері – топырақтағы радионуклидтер шоғырлануының фондық деңгейлері бар аймақтарда айқындалған.

Бұл ретте орташа жылдық көлемдік белсенділікті есептеуде консервативті бағалау үшін $К_{фі}$ коэффициенттерінің ең жоғары орташа мәндері пайдаланылды: ^{241}Am – 2,22; ^{137}Cs – 2,41; ^{90}Sr – 2,57; $^{239+240}Pu$ – 3,37.

Алайда, орташа жылдық көлемдік белсенділікті анықтаудың есептік әдісінде тағы бір қиындық бар – бұл атмосфералық ауадағы тоқтатылған бөлшектердің орташа жылдық шоғырлануын, басқаша айтқанда ауаның орташа жылдық шаңын анықтау.

ССП аумағындағы эксперименттік зерттеулер мен метеорологиялық бақылауларды талдау нәтижелері бойынша радиоактивті ластану жағдайларында ауа ортасына негізгі әсер атмосфераның беткі қабатындағы қалқыма бөлшектердің шоғырлануы әсер ететіні анықталды [81]. Сонымен қатар, бұл көрсеткіш жылдамдық, желдің бағыты, ауаның салыстырмалы ылғалдылығы және жауын-шашын сияқты метеорологиялық параметрлерге байланысты. Жауын-шашын (жаңбыр) кезінде ауадағы қалқыма бөлшектердің шоғырлануы қысқа уақыт ішінде 2-3 есе артады. Топырақтың беткі қабаты ылғалмен қаныққан сайын атмосфералық ауадағы тоқтатылған бөлшектердің шоғырлануы төмендейді. Болашақта желдің дефляциясы және топырақ бетінен жауын-шашынның булануы кезінде топырақтың жұқа бөлшектері ішінара тоқтатылған күйге түсіп, ауаның ластануына әсер етуі мүмкін деп болжауға болады.

Бұл ретте атмосфералық ауадағы қалқыма бөлшектердің орташа жылдық шоғырлануын эксперименттік анықтау зерттелетін объект орналасқан ауданның физикалық-климаттық сипаттамаларын, мысалы, жел режимі (желдің жылдамдығы мен бағыты), ауа температурасы, атмосфералық қысым, ауа райының және төселген жер бетінің ахуалын ескеретін жыл бойы ауа аэрозольдерінің сынамаларын алудың тәуліктік режимімен қамтамасыз етіледі [82].

ССП-ның үлкен аумағында жыл бойы өлшеулер жүргізудің орынсыздығына байланысты полигонда ауаның шаңдануын зерттеуге бағытталған зерттеулер жүргізілген жоқ.

Сондықтан есептеулерде полигонға жақын ірі елді мекендерде – Қарағанды, Павлодар және Семей қалаларында атмосфералық ауадағы қалқыма бөлшектердің орташа жылдық шоғырлануының орташа мәні пайдаланылды. Қазақстан Республикасы қалаларының атмосфералық ауасындағы қалқыма бөлшектердің орташа жылдық шоғырлануы туралы деректерді «Қазгидромет» РМК Қазақстан Республикасының қоршаған ортасының ахуалы туралы жыл сайынғы ақпараттық бюллетеньде ұсынады [83].

Бұл деректерді де консервативті деп санауға болады (жоғарыдан бағалау), өйткені қалалардағы ауаның шаңдануы объективті себептерге байланысты полигонның аумағын жатқызуға болатын ауылдық жерлердегі ауаның шаңдануынан асып түседі. Полигонда бірнеше мың шаршы километр алаңда қалқыма бөлшектердің шоғырлануын едәуір арттыруға қабілетті өнеркәсіптік кәсіпорындар жоқ, сондай-ақ полигонда қарқынды автомобиль қозғалысы және атмосфераның шаңдануының басқа да техногендік көздері жоқ.

Ресми деректерге сәйкес Қарағанды, Павлодар және Семей қалаларының атмосфералық ауасындағы қалқыма бөлшектердің орташа жылдық шоғырлануының (2016 жылдан 2021 жылға дейінгі кезең) орташа мәндері тиісінше 0,1119, 0,1036 және 0,1045 мг/м^3 құрады.

Бұдан әрі эксперименттік жолмен алынған радионуклидтердің $K_{фi}$ коэффициенттерінің ең жоғары орташа мәндері, атмосфералық ауадағы өлшенген бөлшектердің орташа жылдық шоғырлануының ρ_{sus} орташа мәндері, сондай-ақ алаңдық зерттеудің әрбір нүктесінде топырақ жамылғысының жоғарғы қабатындағы (0-5 см) радионуклидтердің меншікті белсенділігінің мәндері (бір шаршы километрге бір нүкте есебінен) негізінде A_i, ССП A_{vi} ау-

мағының атмосфералық ауасындағы радионуклидтердің орташа жылдық көлемдік белсенділігінің мәндері есептелді

2.13-кесте. Теориялық әдіспен алынған ССП аумағының ауасындағы радионуклидтердің орташа жылдық көлемдік белсенділігін анықтау нәтижелері

Радио-нуклид	ССП ауасындағы радионуклидтердің орташа жылдық көлемдік белсенділігі A_{vi} теориялық әдіспен есептелген, Бк/м³		Халықтың $РКБ_{халық}$ рұқсат етілген көлем ауадағы радионуклидтердің белсенділігі, Бк/м³	Тәжірибелік әдіспен алынған ССП ауасындағы радионуклидтердің көлемдік белсенділігі мәндерінің диапазоны, Бк/м³
	Диапазон	орташа мәні		
^{241}Am	$1,14\times10^{-8}$ – $2,75\times10^{-4}$	$1,13\times10^{-6}$	$2,9\times10^{-3}$	$<5,0\times10^{-5}$
^{137}Cs	$6,34\times10^{-9}$ – $3,84\times10^{-4}$	$7,46\times10^{-6}$	27	$4,5\times10^{-7}$ – $9,0\times10^{-6}$
^{90}Sr	$3,38\times10^{-8}$ – $2,04\times10^{-3}$	$3,98\times10^{-5}$	2,7	$<6,0\times10^{-5}$
$^{239+240}Pu$	$2,43\times10^{-7}$ – $9,1\times10^{-4}$	$2,41\times10^{-5}$	$2,9\times10^{-3}$	$<1,8\times10^{-7}$ – $3,3\times10^{-5}$

ССП аумағының атмосфералық ауасындағы радионуклидтердің орташа жылдық көлемдік белсенділігінің ең жоғары мәндері «Тәжірибелік дала» алаңына тікелей жақын орналасқан учаскелер үшін тән. Теориялық әдіспен есептелген A_{vi} ССП аумағының атмосфералық ауасындағы радионуклидтердің орташа жылдық көлемдік белсенділігі мәндерінің диапазоны бес еселік (10^{-8}–10^{-3} Бк/м³) шегінде ауытқиды, бұл ретте A_{vi} ең жоғары мәндері $РКБ_{халық}$ рұқсат етілген мәндерінен аз болады. және одан да көп [48]. Жүргізілген зерттеулер негізінде сынақ алаңдарынан тыс ССП аумағындағы атмосфералық ауаның ағымдағы ахуалы халық үшін радиациялық қауіп төндірмейді деген қорытынды жасауға болады.

Атмосфералық ауадағы радионуклидтердің көлемдік белсенділігін бір реттік өлшеу

Есептеу әдісіне қарағанда атмосфералық ауадағы радионуклидтердің көлемдік белсенділігін бір реттік өлшеу үлгілерді тікелей өлшеуге негізделген.

Бірақ, өлшеу нәтижелерін қарастырмас бұрын, полигондағы жалпы климаттық жағдайлар туралы бірнеше сөз айту керек, өйткені жоғарыда айтылғандай, бір реттік өлшеулер жаз мезгілінде, қатты жел, жауын-шашын және т.б. болмаған кезде жүргізілді, бұл ауадағы радионуклидтердің шоғырлануын, мысалы, «төменнен», яғни қолайлы метеорологиялық жағдайларда бағалауға мүмкіндік береді.

ССП аумағында ауаның орташа айлық температурасы шілде-де +19 бастап +22 °С-қа дейін және қаңтарда -14 бастап -18 °С-қа дейін аймақтағы климатты күрт континентальды деп сипаттайды. Сонымен қатар мұнда құрғақ климаттық белдеулерден (жылдық орташа температурасы +0,6-дан +5 °С-ға дейін және жауын-шашынның жылдық орташа мөлшері 250-300 мм-ге дейін Ертіс өзені аңғарының бойында) орташа ылғалды (өңірдің таулы қырларында, онда жылдық орташа температура +1-ден -4 °С-ға дейін өзгереді, ал атмосфералық жауын-шашынның жылдық орташа мөлшері 400-600 мм-ге дейін жетеді) өзгеру байқалады. Ең көп жауын-шашын мамыр – маусым және қазан-қараша айларында түседі.

Жел режимі. Жел режимі негізінен материктік сипатқа ие және негізінен жергілікті барико-циркуляциялық жағдайлармен анықталады. Суық мезгілде жел режимі тұрақты аязды ауа-райын анықтайтын сібір антициклонының әсерінен дамиды. Қыс мезгілінде, көпжылдық деректер бойынша, оңтүстік-шығыс (38,4 %) және оңтүстік желдер (16,3 %) басым. Оларға қарама-қарсы бағытта желдер аз байқалады (9,8 % – солтүстік-батыс, 1,8% – солтүстік, 1,1 % – солтүстік-шығыс, 3,2 % – оңтүстік-батыс). Қысқы жағдайлар антициклондардың үлкен қайталануымен сипатталады, сондықтан жиі тыныштық байқалады.

Жаз мезгілінде жел режимі күрт өзгереді, көкжиектің солтүстік-батыс (27,4 %), Батыс (16,8 %) және солтүстік (14,9 %) бөлігінде желдер басым болады және тыныштықтың қайталанғыштығы байқалады. Көктем мен күздің жел жағдайлары қыс пен

жаздың арасында аралық болып табылады, бұл суық және жылы жарты жылдық барикалық өрістердің өзгеруімен байланысты. Мамыр желдің басым бағыттарының оңтүстік-шығыстан солтүстік-батысқа бұрылу үрдісімен сипатталады. Маусым – шілде айларында бұл қайта құру толығымен аяқталды.

Қазан айында желдің жазғы жүйесі қыста қайта құрылады, бұл сібір антициклонының маусымдық дамуының басталуымен және жылу депрессиясының күрт әлсіреуімен байланысты.

Жел жылдамдығының орташа мәндерінің жылдық жүрісі максимум және минимумға ие. Жылдың ең үлкен орташа айлық желдің жылдамдығы ақпаннан маусымға дейін (3-3,6 м/с), ең азы шілде – тамыз және қазан айларында (2,9 м/с) байқалады.

Қатты желдер негізінен көктемде (сәуір, мамыр), сондай-ақ ақпан мен қарашада байқалады. Бақылау нәтижелерін қарау нәтижесінде желдің максималды жылдамдығы 35-43 м/с-қа жеткені анықталды, тымықта бақылаулардың жалпы мөлшерінің 10 % жағдайда байқалды, тымықтың ең көп мөлшері жазда – күздің басында байқалады (бақылаулардың жалпы мөлшерінің 2 %).

Өте қатты және ұзақ желдерде шаңды дауылдар пайда болады, олардың жылдамдығы 20-30 м/с немесе одан да көп. Топырақ бөлшектерінің көтерілуі құрғақ және жартылай құрғақ аудандарға тән жағдайларда өсімдіктері нашар құрғақ тегіс емес жерде тез жүреді, ал топырақ бетінің кедір-бұдырлығы және жануарларды жаю, автомобиль қозғалысы және адамның шаруашылық қызметі нәтижесінде топырақ жамылғысының бұзылуы шаңның желмен көтерілуін күшейтеді.

Көбінесе шаңды дауылдар мамырдан шілдеге дейін жиі байқалады. Орташа алғанда жыл бойы шаңды дауылдар бір жылда 5 рет байқалған. Шаңды дауылдар өткен кездегі желдің орташа жылдамдығы 15-тен 20 м/с дейін өзгереді. Жел жылдамдығының азғантай мәні кезіндегі шаңды дауылдардың басталуының кейбір жағдайлары тіркелген (6-8 м/с).

Жауын-шашындар. Полигонның аумағы жауын-шашынмен жеткіліксіз қамтамасыз етілген аудандар қатарына жатады. Бұл Еуразияның барикалық-айналмалы ерекшеліктері көбінесе арктикалық ауа мен континенталды пайда болған, ылғалы аз қоңыржай ендіктер ауасының түсуімен түсіндіріледі. Жергілікті климаттың құрғақшылығы Орта Азия мен Қазақстанның оңтүстік шөл далалары есебінен күшейеді. Одан басқа Қазақстанның дала аймағының Шығыс бөлігі антициклондық әсерлерге жиі ұшырайды және сондықтан Батыс бөлікке қарағанда аз ылғалданған.

Континенталды жергілікті жағдайлар жауын-шашын түсуінің тұрақсыз сипатын анықтайды, олардың өзгеруі жылдан жылға көп байқалады. Қазақстанның осы бөлігі үшін жылдың кез келген айында жауын-шашынның толық болмауы немесе олардың мөлшерінің өте аз болуы, ал кейбір жылдары айлық жауын-шашынның көп болуы секілді ерекшеліктер тән.

Жауын-шашын режімінде олардың жазғы максимумы жақсы көрінеді. Жылы жартыжылдықтың барикалық-айналмалы жағдайлары жауын-шашынның мамырдан тамызға дейін көп түсуіне қолайлы жағдай туғызады, бұл кезде жылдық мөлшерден 50-ден 60 % дейін нөсерлі жауын түрінде түседі. Сонымен қатар, қыс уақытында да сирек те болса қардың қалың жауууына байланысты байқалады. Бірақ жылы жартыжылдықтың жауын-шашындары жоғары температурамен үйлеседі, топырақтың табиғи ылғалдануы барысында буланудың ұлғаюы болмашы жағдайда – бұл олардың ылғалдану факторының мәнін төмендетеді. Қысқы уақытта температураның төмен болуына байланысты жауын-шашындар беткі қабатта ұзақ жатады (орташа алғанда 2-3 ай). Жылдың күз мезгілінде жаз айларымен салыстырғанда, жауын-шашынның мөлшері көп емес, алайда бұл айларда булануды көп мөлшерде қысқартатын ауа температурасының төмендеуі байқалатындықтан, түсетін жауын-шашын топырақты жеткілікті ылғалдандырады.

Радионуклидтердің ауқымды белсенділігін өлшеу нәтижелері

Ауадағы радионуклидтердің ауқымды белсенділігін анықтау үшін ССП аумағында соңынан ауа аэрозольдері сынамаларын іріктеп алуымен және зертханалық талдауларды γ-спектрометриялық және радиохимиялық әдістермен орындаумен зерттеу нүктелерін іріктеу жүргізілді.

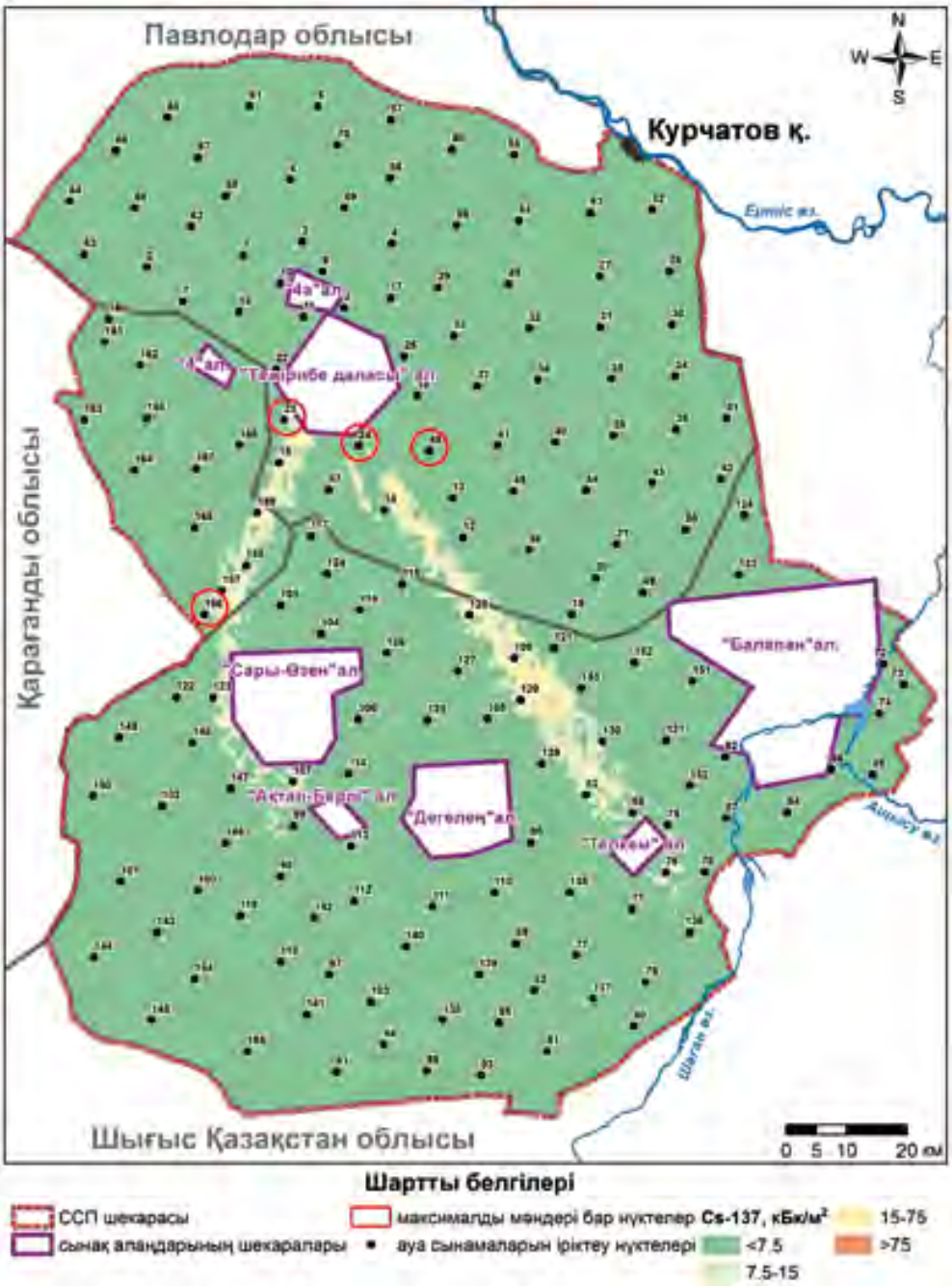
Ауа аэрозольдері сынамаларын іріктеу нүктелері СПП бүкіл аумағы бойынша тегіс таралды. Барлығы 168 зерттеу нүктесі дайындалды (100 км^2-ге ≈1 нүкте).

Ауадағы радионуклидтердің мөлшерлік мәндерін алу үшін фондық аумақтарда әр іріктеп алынатын сынама көлемі кемінде 3000 м^3 құрады. Ауа аэрозольдері сынамаларын іріктеп алуға арналған жабдық ретінде өнімділігі 1500 м^3/сағ болатын стационарлық сынама іріктегіш пайдаланылды. Ауа аэрозольдерінің 1 сынамасын іріктеп алу уақыты климаттық жағдайларға байланысты 2-2,5 сағ құрады. Ауа аэрозольдері сынамаларын іріктеп алу жер бетінен 1,5 м биіктікте, ашық, жаң-жағынан жел соғып тұратын, топырағы қатты алаңда жүргізілді – осылайша, құрылыстар мен көкжелектердің бар болуына байланысты өлшеулердің нәтижелерінің дәлсіздігіне жол берілмеді [84].

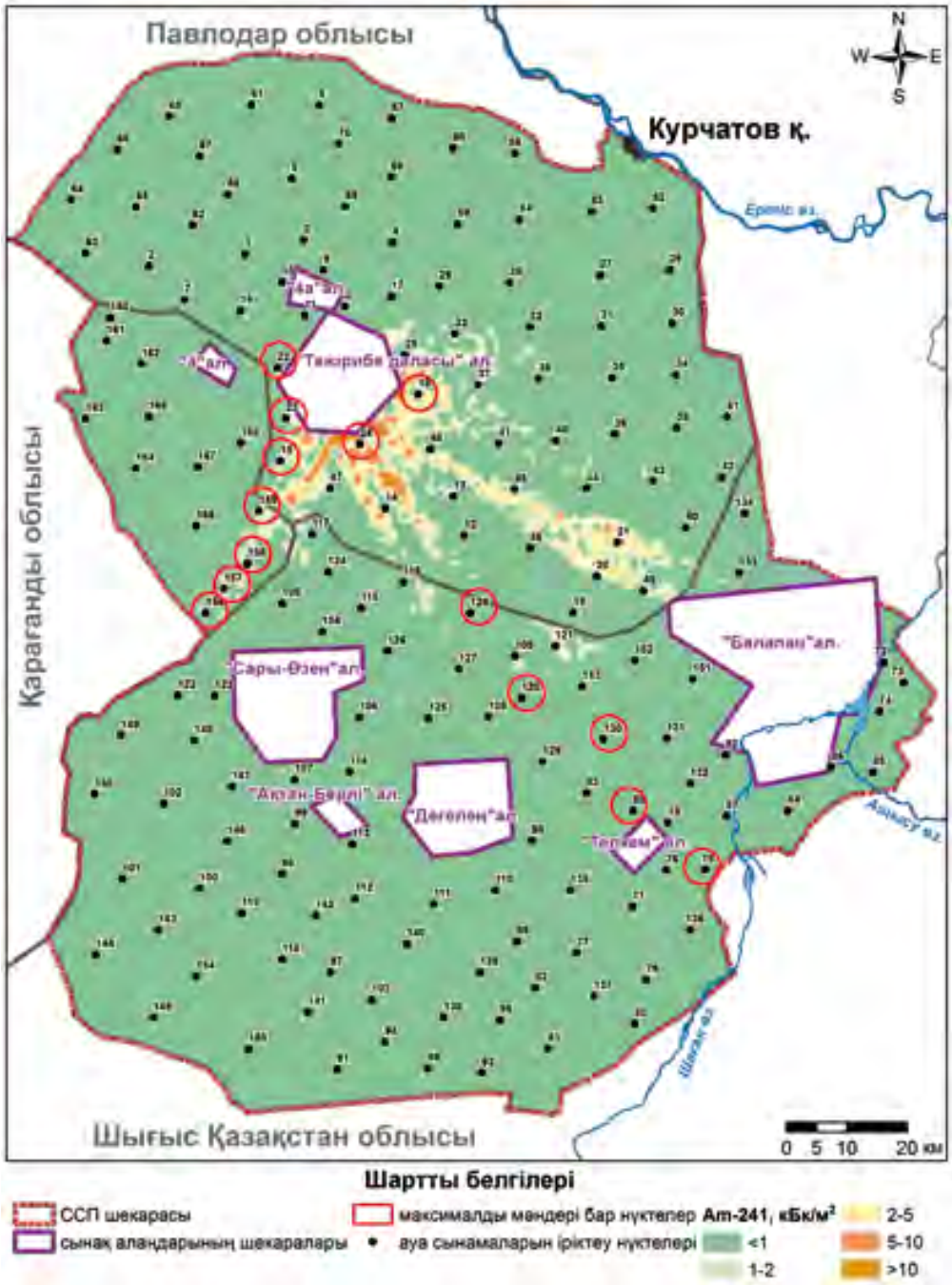
Қолайсыз ауа райының әсерінің болжамдылығын болдырмау үшін ауа аэрозольдері сынамаларын іріктеу жауын-шашын жоқ кезде, жел жылдамдығы 5 м/с аспағанда, өлшенген бөлшектердің шоғырлануы – 20 мг/м^3 артық емес кезде жүргізілді. Көрсетілген параметрлер артық болған жағдайда ауа аэрозольдері сынамаларын іріктеу тоқтатылып, тек параметрлер нормаланған соң ғана жалғасты.

Ауа аэрозольдерінің сынамалары зертханалық жағдайларда күлдеу әдісімен дайындалып, гамма-спектрометриялық әдіспен ^{241}Am, ^{137}Cs радионуклидтерінің мөлшеріне талданды. Ауа аэрозольдері сынамаларын күлдеу төзімді пеште 390 °С температурасында 6 сағат ішінде жүзеге асырылды. Анықтау шегін жақсарту үшін ауа аэрозольдері сынамаларын өлшеу құдықты типті гам-

ма-спектрометрде, жоғары тіркеу тиімділігі 100 % дейінгі кезінде жүргізілді. Гамма-спектрометриялық талдау жүргізілген соң ауа аэрозольдерінің сынамалары ^{90}Sr және $^{239+240}Pu$ радионуклидтерінің мөлшеріне радиохимиялық әдіспен талданды.



2.22-сурет. ССП аумағындағы ауа аэрозольдері сынамаларын іріктеу нүктелерінің орналасу картасы, топырақ жамылғысының ^{137}Cs радионуклидімен ластануы



2.23-сурет. ССП аумағындағы ауа аэрозольдері сынамаларын іріктеу нүктелерінің орналасу картасы, топырақ жамылғысының ^{241}Am радионуклидімен ластануы

^{137}Cs радионуклидінің көлемді белсенділігінің максималды мәндері 23, 24, 48 және 156 нүктелерінде тіркелген (2.22-сурет). ^{137}Cs радионуклидінің көлемдік белсенділігінің максималды мәндерінің диапазоны $1{,}5\times10^{-6}$-дан $9{,}0\times10^{-6}$ Бк/м^3 дейін құрады.

$^{239+240}$Pu радионуклидінің көлемді белсенділігінің максималды мәндері бірнеше учаскелерде тіркелген (2.23-сурет): 1-учаске (18, 22, 23, 24 нүктелері), «Тәжірибе даласы» алаңының шекарасына жақын орналасқан; 2-учаске (15, 156, 157, 158, 159 нүктелері), 24.09.1951 жылдағы сынақ ізінде орналасқан; 3-учаске (78, 88, 120, 128 және 130 нүктелері) 12.08.1953 жылдағы сынақ ізінде орналасқан. $^{239+240}$Pu радионуклидінің көлемді белсенділігінің максималды мәндерінің диапазоны $5{,}1\times10^{-6}$-ден $3{,}3\times10^{-5}$ Бк/м^3 дейін құрады.

ССП аумағында ауадағы ^{241}Am және ^{90}Sr радионуклидтерінің көлемді белсенділігінің мөлшерлік мәндері анықталған жоқ, ауадағы ^{241}Am және ^{90}Sr көлемді белсенділігі аппаратуралық-әдістемелік қамтамасыз етуді анықтау шегінің деңгейінде анықталды.

$^{239+240}$Pu көлемді белсенділік деректері аймақтар бойынша (фондық аумақ, іздер аймағы) сұрыпталды және әр аймақ үшін радионуклидтердің көлемді белсенділігінің орташа мәндері есептелді. Кестеде ССП аумағындағы ^{241}Am, ^{137}Cs, ^{90}Sr, $^{239+240}$Pu жасанды радионуклидтерінің көлемді белсенділіктерінің орташа мәндері берілген (2.14-кесте). Орташа мәндерін есептеу кезінде анықтау шегі мөлшерлік мән ретінде алынды, жақшада орташаланған сынамалар саны көрсетілген.

2.14-кесте. ССП аумағындағы радионуклидтердің көлемді белсенділіктерінің орташа мәндері

Радионуклид	Фонды аумақ	Радиоактивті ластану учаскесі
^{241}Am, Бк/м^3	$< 1{,}7\times10^{-5}$ (55)	$< 4{,}6\times10^{-5}$ (14)
^{137}Cs, Бк/м^3	$< 2{,}3\times10^{-6}$ (65)	$6{,}5\times10^{-6}$ (4)
^{90}Sr, Бк/м^3	$< 2{,}3\times10^{-5}$ (55)	$< 5{,}1\times10^{-5}$ (14)
$^{239+240}$Pu, Бк/м3	$9{,}8\times10^{-7}$ (55)	$5{,}6\times10^{-6}$ (14)

Алынған тәжірибелік деректерге сәйкес ССП аумағында жасанды радионуклидтердің көлемді белсенділік диапазоны: ^{241}Am үшін – $<5{,}0\times10^{-5}$ Бк/м^3, ^{137}Cs үшін – $4{,}5\times10^{-7}$ бастап $9{,}0\times10^{-6}$ Бк/м^3 дейін, ^{90}Sr үшін – $<6{,}0\times10^{-5}$ Бк/м^3, $^{239+240}$Pu үшін $<1{,}8\times10^{-7}$-ден $3{,}3\times10^{-5}$ Бк/м^3

дейін құрады, бұл «Радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз етуге қойылатын санитариялық-эпидемиологиялық талаптар» Гигиеналық нормативтерде көрсетілген тұрғындар санаты үшін аталған радионуклидтердің әрқайсысы бойынша рұқсатты көлемдік белсенділіктен асқан жоқ [84].

Атмосфералық ауадағы радионуклидтердің есептік әдіспен алынған орташа жылдық көлемді белсенділік мәндерінің диапазоны ССП ауасындағы көлемді белсенділіктің бір реттік тәжірибелік мәндер аумағын бүркейді, бұл радионуклидтердің ағзаға ингаляциялық түсуінен болатын сәулелену дозаларын бағалауға арналған есептік әдісінің деректерін пайдалануға мүмкіндік береді.

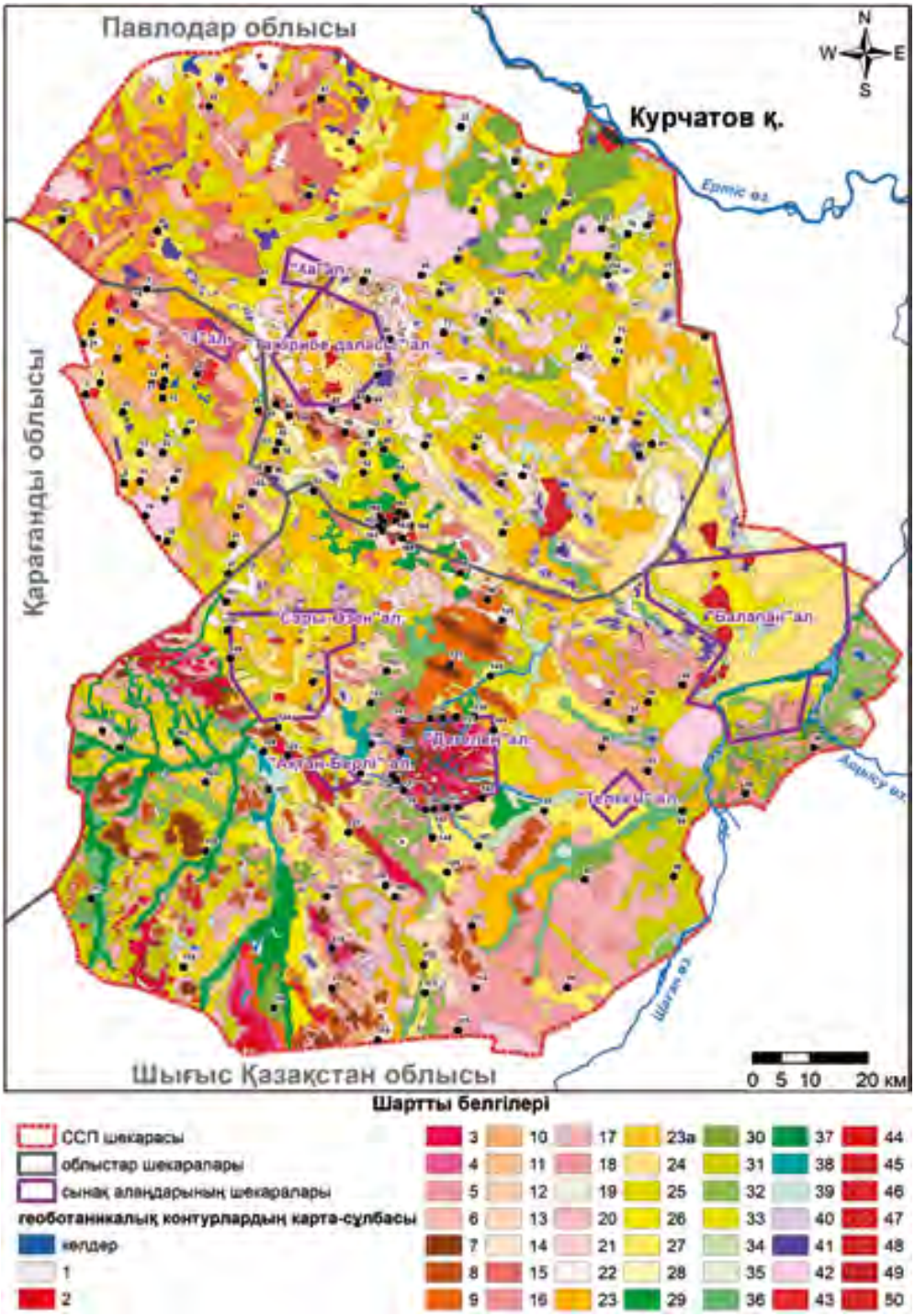
Қорытынды

Егер жалпы алғанда ССП ауа ортасының радиациялық ахуалы туралы айтатын болсақ, онда атмосфералық ауадағы (сынақ алаңдарынан тыс) радионуклидтердің есептік әдіспен, сол сияқты тікелей өлшеу әдісімен алынған көлемді белсенділік мәндерінің рұқсатты мәндерден жүздеген есе төмен деген деректі айтуға болады.

2.8 Өсімдік жамылғысының радиациялық ахуалы

ССП өсімдік жамылғысының радиациялық ахуалын бағалаудың мағынасы зор, себебі өсімдіктер «өсімдік-жануар-адам» трофикалық тізбегіндегі радионуклидтердің жылыстауы жолында ажырамас құрамдас болып табылады. Аталмыш аспектіде ССП негізгі фитоценоздары көптеген түрлермен берілген, олар жабайы, сол сияқты ауыл шаруашылығы тұяқты жануарлардың жемшөптік базасының құрамына кіреді.

ССП аумағы орталық Қазақ ұсақ шоқысының (ОҚҰШ) далалық бөлігін ботаникалық-географиялық аудандыстыру бойынша құрғақ бетегелі-селеулі далада қызғылт топырақта және шөлейттенген жусанды-селеулі даладағы ақшылт-қызғылт топырақта орналасқан; Шығыс-Қазақстан қосымша шет жерлерінің Семей және Екібастұз аймағының құрамына енеді [85].



1, 2, 3, 4, 5, 6 – төменшоқылар экожүйелері;
7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 – жоғары ұсақшоқылар экожүйелері;
15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22 – төмен ұсақшоқылар экожүйелері;
23, 24, 25, 26, 27, 28, 29 – делювиалды-пролювиалды жазықтардың экожүйелері;
30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40 – аллювиалды жазықтардың экожүйелері;
41 – сортаңдардың экожүйелері;
42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51 – антропогенді түзілген экожүйелер

2.24-сурет. Өсімдік экожүйелері таралуының схематикалық картасы

Осылайша, ССП аумағының 90 % аса жері қызғылт және ақшылт-қызғылт топырақтағы өсімдіктер түрінде алып жатыр. Аумақтың қалған бөлігінде өсімдіктің бұталы, шөлейттік (сортаң және сор жерлерде), сонымен қатар орманды және жайылымдық («Дегелең» алаңында кеңінен таралған) түрі өседі [86].

ССП аумағындағы өсімдіктер «Тәжірибе даласы», «Дегелең», «Балапан», «Сары-Өзен» техникалық алаңдарының кейбір телімдерінде сынақтар өткізу бойынша қызметтер нәтижесінде ішінара жойылған және қазіргі уақытта қауымдастықты қалпына келтірудің түрлі сатылары түрінде келтірілген [87].

Өсімдіктің далалық типіндегі қауымдастық жазықтықтарда, шлейфтерде, шоқылар мен төментаулардың баурайларында қалыптасады. Құрғақ қарағанды-салқынжусанды-бетегелі-селеулі (*Stipa capillata, Festuca valesiaca, Artemisia frigida, Caragana pumila*) дала делювиалды-пролювиалды жазықтықтарда және ұсақшоқылардың баурайларында ССП солтүстік-батыс бөлігіне тән. Биік ұсақшоқыда полигонның осы бөлігіндегі қауымдастықтағы *Stipa kirghisorum, Helictotrichon desertorum* басым.

Шөлейттенген жіңішке жусанды-бетегілі-тырсықты (*Stipa sareptana, Festuca valesiaca, Artemisia gracilescens*) даланың тегістенген типтері ақшылт-қызғылт сазды топырақтар үшін ССП солтүстік-шығыс және шығыс бөлігіндегі жазықтықтарға тән. Жусанды-бетегелі-селеулі (*Stipa lessingiana, Festuca valesiaca, Artemisia sublessingiana, A. albida*) далаға ақшылт-қызғылт шымтезекті және қиыршықтасты топырақты полигонның орталық және оңтүстік-батыс бөлігіндегі гранитті төментаулы тау етегіндегі және шоқыарасындағы жазықтықтар тән. Далалардың гемипсаммофитті нұсқалары – көкшағыржусанды-бетегелі-тырсықты (*Stipa sareptana, Festuca valesiaca, Artemisia marschalliana*) далада Spiraea hypericifolia араласуымен ССП шығыс бөлігіндегі көнеаллювиалды жазықтықтарда ақшылт-қызғылт жеңілқұмсазды және сусымалықұмдақты топырақтар кездеседі.

а) **б)**

2.25-сурет. Бетегелі-тырсықты дала (а);
салқынжусанды шымтезекті дақылды тау етегіндегі дала (б)

ССП аумағында кездесетін бұта-шілік белгілі бір жерлерге байланысты сабақтастырылуы бойынша топталады. Шоқыаралық сай-жыраларға, далалық ойпат-шұңқырларға *Spiraea hypericifolia*, *Caragana pumila* секілді далалық бұта-шіліктердің тоғайлары сабақтастырылған, кейде *Halimodendron halodendron* араласады. Матрацтәрізді плиткалы граниттерде бұта-шілікті *Spiraea trilobata, Rosa spinosissima, Cotoneaster oliganthus, C. melanocarpus, Lonicera microphylla, Pentaphylloides parvifolia* ценоздар өседі, кейде арасында *Berberis sibirica, Ribes saxatile, Juniperus sibirica* кездеседі. Тасты үйінділердің таяз жыраларында Juniperus sabina тоғайларының кездесуі тән нәрсе. Үйінділерде және құмды-малтатастар құрғақ арналарда *Caragana pumila, Atraphaxis frutescens, Convolvulus fruticosus* ценоздары таралған. Көлеңкелі шатқалдарда және аққайыңды-көктеректі тоғайлардың астында *Rosa majalis, R. glabrifolia, Padus avium, Lonicera tatarica, Ribes nigrum, Rubus idaeus* қаулаған бұта-шілікті тоғайлардың өсуі тән. Талды тоғайлар, *Salix cinerea, S. viminalis, S. rosmarinifolia, S. triandra* араласқан бұта-шіліктер, бұлақтардың жайылмасында, бұлақтар мен техногенді суайдыны айналасында қаулап өседі.

а)

б)

2.26-сурет. Қарағанды-шымтезекті дала жазықтықта (а), бұташілікті – шымтезектідақылды дала биік ұсақшоқыда (б)

ССП аумағында даланың петрофитті нұсқалары кеңінен таралған. Гранитті төментаулар, мысалы Дегелең таулы массиві, биік және төмен ұсақшоқылар петрофитті өсімдіктің қалыптасуы үшін экологиялық жағдайдың сан түрін қалыптастырады. Гранитті төментауларда өсімдіктің биік белдемелі ауысымы жоғары. Төментаулардың тау етегіндегі жазықтықтары мен шлейфтеріне қараған-салқынжусанды-бетегелі-тырсықты (*Stipa capillata, Festuca valesiaca, Artemisia frigida, Caragana pumila*) өсімдіктер тән. Ұсақтасты шоқылардың телімдерінде *Ziziphora clinopodioides, Thymus serphyllum, Veronica incana, Festuca valesiaca* қарқынды бел алған қауымдастық орын алған. Солтүстік және солтүстік-шығыс экспозицияның шоқыларындағы аз дамыған және толық дамыған топырақтарда араласшөпті-қияқты-дақылды (*Helictotrichon desertorum, Stipa kirghisorum, Festuca valesiaca, Carex pediformis, Thalictrum foetidium, Bupleurum aureum, Chamaerhodos erecta, Pulsatilla patens*) қауымдастық қалыптасады. Оңтүстік баурайларда дақылды-араласшөпті (*Fragaria viridis, Dianthus acicularis, Veronica spuria, Artemisia latifolia, A. rupestris, Festuca valesiaca, Stipa capillata, Agropyron cristatum*) бұта-шіліктің араласуымен (*Spiraea trilobata, S. hypericifolia, Caragana pumila, Lonicera microphylla*) қауымдастық тән. Гранитті плиталарда петрофиттіараласшөпті-бұта-шілікті (*Spiraea*

trilobata, Rosa spinosissima, Cotoneaster oliganthus, Lonicera microphylla, Pentaphylloides parvifolia, Orostachys spinosa, Sedum hybridum, Onosma simplicissima, Thalictrum simplex) ценоздар тараған. Тасты шыңдарда негізінен петрофиттіараласшөпті-қыналы топтардан *Parmelia vagans, P. cetrata, Diploschistes scropsus, Orostachys spinosa, Euphorbia humilis, Patrinia intermedia, Onosma simplicissima, Silene suffrutescens, Hieracium echioides* басым.

а) **б)**

2.27-сурет. Биік ұсақшоқыдағы петрофиттер (а), «Дегелең» алаңындағы Pinus sylvestris өсімдігінің ормандық типінің бөлшектері (б)

Өсімдіктің ормандық типінің бөлшектері ерекше қолайлы жағдайларда кездеседі: кішігірім көктеректі-аққайыңды (*Betula pendula, Populus tremula*) тоғайлардың қатысуымен *Populus canescens, Crataegus clorocarpa, Rosa majalis, Padus avium, Lonicera tatarica, Ribes nigrum, Rubus caesius* және бай дақылды-араласшөпті (*Angelica sylvestris, Sanguisorba officinalis, Thalictrum flavum, Galium boreale, Agrimonia pilosa, Calamagrostis epigeios, Poa angustifolia, Melica transsilvanica*) шөп қабатымен бұлақтардың жазықтықтары да гранитті төментаулардың көлеңкелі шатқалдарда қалыптасады.

Аз бұзылған биік гранитті жотада өсетін жері жалғыз Дегелең болып табылатын *Pinus sylvestris* анықталды. Ағаш қабатын *Pinus sylvestris* және *Betula pendula* құрайды. Гранитті плиталардың көлеңкелі шатқалдарында қырыққұлақ тұқымдастарынан

Asplenium және *Woodsia* өседі. Гранитті плиталардың беткі қабатында мүкті-қыналы қабат *Parmelia vagans, P. cetrata, Cladonia sylvatica* қарқынды түрде жақсы дамыған, ал жалғызілік өсімдіктер *Pentaphylloides parvifolia, Orostachys spinosa, Sedum hybridum, Veronica incana* ұсақтопырақты жарықшақтар жиектеген.

Батпақты жайылымда *Phragmites australis, Typha angustifolia, T. laxmannii, Bolboschoenus planiculmis, Carex omskiana* қарқын алған, олар бұлақ жанындағы жайылымдарға тән, Шаған су қоймасының әсер ету аймағына, құрғап бара жатқан арналардың жазығына, «Атом көлі» жанындағы сүзгілеуші суайдыны атырабына, техногенді суайдыны төңірегіне тән. Полидоминантты нағыз шалғыннан *Calamagrostis epigeios, Elytrigia repens, Bromopsis inermis, Glycyrrhiza uralensis* өзендердің жайылымдарында бөлек-бөлек күйде кездеседі. Далалық шалғында *Leymus angustus, Poa angustifolia, Bromopsis inermis, Medicago falcata, Potentilla bifurca* қатысуы тән, олар шоқыарасындағы жыраларда, өзен террассаның баурайларында, ішкі тау етегіндегі жазықтықтарда кездеседі. Шалғындардың галофитті нұсқалары *Puccinellia dolicholepis, Hordeum brevisubulatum, H. bogdanii, Aeluropus littoralis, Achnatherum splendens* ценоздарының басым күйінде келтірілген. Бұл түрлері өзендердің жайылмасында және алқапасты террассаларда, көлді шұңғымаларда, техногенді суайдыны төңірегінде таралған. Шалғынды өсімдіктің алуан түрі Дегелең таулы массивінің бұлақтарының жазығында кеңінен таралған.

а)

б)

2.28-сурет. Дегелең таулы массивінің бұлағының жазығындағы шалғындық өсімдік (а), жайылымдық сордағы сорқаңбақ-сор қауымдастығы (б)

Шөлейттік қауымдастық далалық аумақтың шегінде ерекше мекендеу жағдайында – тұзды (сортаң және сор жерлер) топырақ қатарында қалыптасады. Бұндай қауымдастықтар өсетін жерлер сор жердегі жазықтық тоқырамаларында, тұзды палезой саздары шығып жатқан жерлерде, көл шұңғымаларында, сонымен қатар өзендердің алқапасты террасаларында кездеседі. Өсімдіктің шөлейттік типі қауымдастықтар түрінде кездеседі, олар гиперксерофильді және галоксерофильді жартылайбұташілікті түрлерінен пайда болған – Алаботалар тұқымдасы өкілдері және *Artemisia* тобының кейбір түрлері кездеседі. Шөлейттік қауымдастықтар келесі доминантты түрлерден қалыптасқан: *Atriplex cana, Anabasis salsa, Halimione verrucifera, Nanophyton erinaceum, Halocnemum strobilaceum, Kalidium schrenkianum, Artemisia schrenkiana, A. pauciflora, A. nitrosa.*

Зерттеу нәтижелері.

ССП аумағында өсімдік жамылғысындағы радионуклидтердің мөлшері туралы деректерді алу үшін өсімдік сынамаларын іріктеу үшін зерттеу учаскелері жасалды. Сынамаларды іріктеу учаскелерін анықтау кезінде өсімдік әлемінің радиациялық ахуалын дұрыс бағалау үшін бірінші кезекте төмендегілер ескерілді:

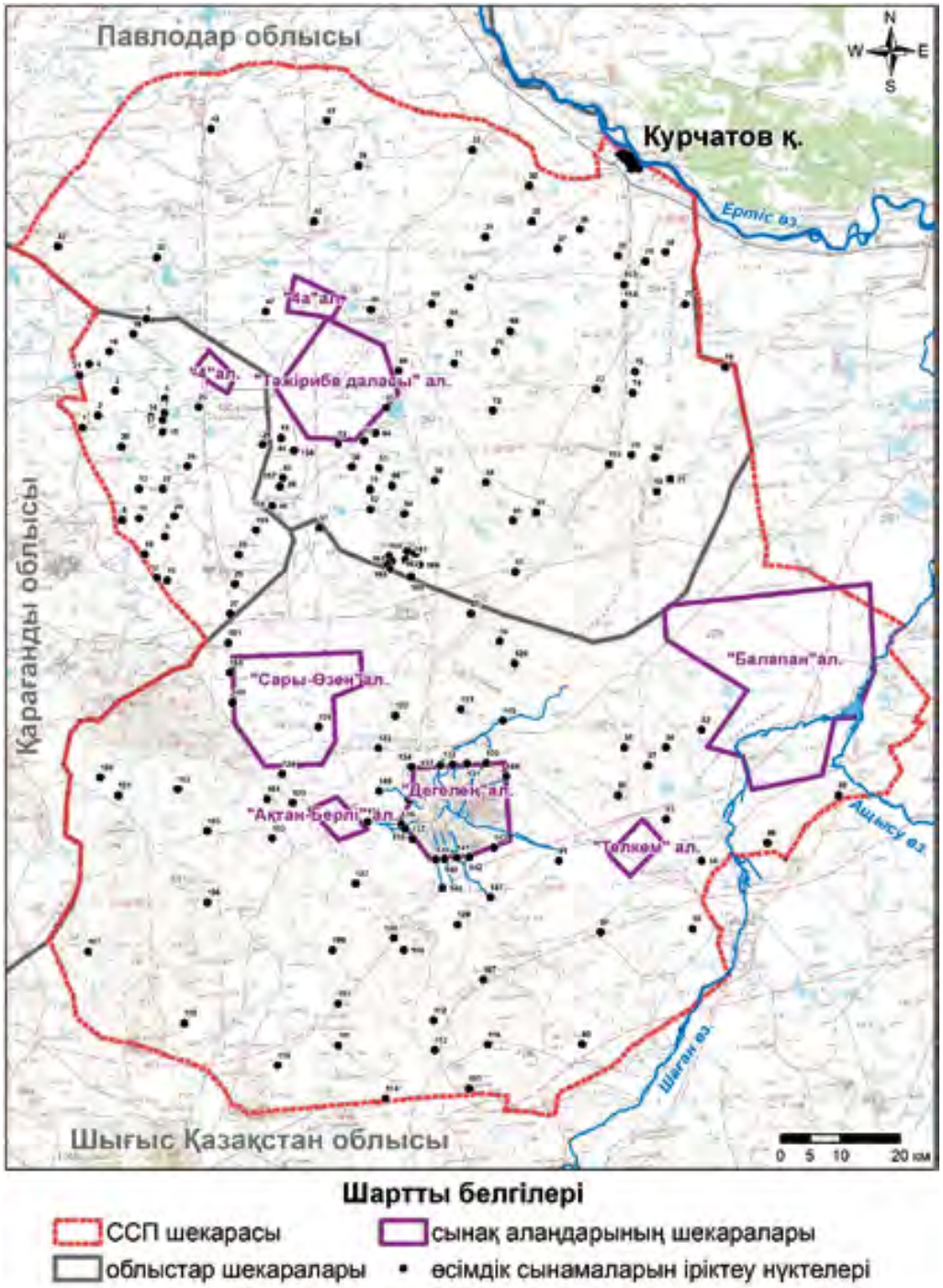
1) радиоактивті түсу орындары;

2) радионуклидтердің су ағындарымен бірге шығарылу аймағы;

3) ССП шартты «фондық» аумақтары.

Содан соң таңдап алынған учаскелердің орналасуы зерттеліп жатқан аумақтағы геоботаникалық контурлардың таралу сұлбасын ескере отыра түзетілді. Таңдалған учаскелер ССП бөлініп алынған экожүйелерін, әсіресе өнімділігі салыстырмалы жоғары сипатталатындарды (аллювиалдық және аккумулятивтік жазықтықтар және т.б.) максималды қамтыды. Барлығы бүкіл жағдайларды ескере отыра 160-тан астам зерттеу учаскесі жасалды: олардың ішінде 30 – радиоактивті түсулер маңында, 10-нан ас-

там – су ағындары бар радионуклидтер шығарылатын аймақта және 120-нан астам – ССП шартты «фондық» аумағында.



2.29-сурет. Өсімдіктер мен топырақ сынамаларын іріктеудің карта-сұлбасы

Әр зерттеу учаскесінде өсімдіктер сынамаларын іріктеу жүргізілді. Өсімдіктер сынамалары учаскенің проекциялық жабындысына байланысты 1 м^2 және одан көп алаңнан іріктеп алынды. Өсімдік үлгілері өзіне селеу (*Stipa capillata, S. sareptana, S. lessingiana*), бетеге (*Festuca valesiaca*) мен жусан (*Artemisia gracileccens, A. Frigida* және т.б.) басым болатын далалық аралас шөптердің аралас жербеткі бөлігін қамтыды, өйткені ССП фитоценоздары өкілдерінің деректері тұяқты жануарлардың жемшөптік базасының негізін құрады. Өсімдіктердің жербеткі бөлігі топырақ бетінен 3 см арақашықтықта кесіп алынды. Өсімдіктер мен топырақтың барлық іріктеп алынған үлгілерінде ^{137}Cs, ^{241}Am, ^{90}Sr және $^{239+240}$Pu радионуклидтерінің меншікті белсенділігі анықталды.

Өсімдіктер үлгілердегі ^{137}Cs, ^{241}Am, ^{90}Sr және $^{239+240}$Pu радионуклидтерінің меншікті белсенділігінің алынған мәндерінің вариациялық-статистикалық талдау нәтижелері кестеде берілген.

2.15-кесте. ССП өсімдік жамылғысындағы ^{137}Cs, ^{241}Am, ^{90}Sr және $^{239+240}$Pu радионуклидтерінің меншікті белсенділігі мәндерінің статистикалық көрсеткіштері

Радионуклид	Вариациялық-статистикалық көрсеткіштер			
	мөлшері	мин – макс, Бк/кг орташа арифм. (ст.ауытқу)	Медиана	V, %
Радиоактивті түсулер аумағы				
^{137}Cs	61	(0,3 – 79) 4,4 (2,2)	2,3	98
^{241}Am		(0,12 – 22) 1,6 (0,8)	0,6	87
^{90}Sr		(1,9 – 171) 17 (15)	5,7	106
$^{239+240}$Pu		(0,1 – 160) 8,6 (26)	0,7	299

Радио-нуклид	Вариациялық-статистикалық көрсеткіштер			
	мөлшері	мин – макс, Бк/кг орташа арифм. (ст.ауытқу)	Медиана	V, %
Радионуклидтердің су ағындарымен шығарылу аумағы				
^{137}Cs	15	<п.о.	-*	-*
^{241}Am		<п.о.	-*	-*
^{90}Sr		(0,6 – 330) 34 (98)	3,6	286
$^{239+240}$Pu		(0,1 – 1,5) 0,5 (0,5)	0,2	112
Шартты «фонды» аумақ				
^{137}Cs	92	(0,2 – 4,4) 1,1 (0,8)	0,9	78
^{241}Am		(0,1 – 0,3) 0,2 (0,04)	0,2	23
^{90}Sr		(0,9 – 42) 7,0 (8,5)	5,0	120
$^{239+240}$Pu		(0,1 – 0,6) 0,2 (0,2)	0,2	67
а.ш. – анықтау шегі; *- деректер алынған жоқ.				

Өсімдіктер үлгілерін өлшеу нәтижесінде ССП зерттеліп жатқан аумағындағы өсімдік жамылғысында ^{137}Cs, ^{241}Am, ^{90}Sr және $^{239+240}$Pu радионуклидтерінің мөлшері мәндердің кең диапазонында құбылатыны анықталды. Мысалы, медианасы бар өсімдіктердің меншікті белсенділігінің орташа мәндерінің салыстырмалы талдауы ^{90}Sr және $^{239+240}$Pu радионуклидтері үшін өсімдік жамылғысындағы шоғырлануларының максималды шашырауы радиоактивті түсу жерлерінде байқалғанын, сондай-ақ ^{90}Sr үшін радиоактивті суағындарымен шығарылу жерлерінде байқалғанын көрсетті. Меншікті белсенділік вариациясының коэффициенттерінің жоғары көрсеткіштері ССП зерттеліп жатқан аумағының өсімдік жамылғысындағы радионуклидтер мөлшерінің аздаған біртексіздігін, әсересе бұның ^{90}Sr және $^{239+240}$Pu үшін тән екендігін көрсетеді. Өсімдік жамылғысындағы радионуклидтер шоғырлануларының үлкен шығарындысы мен біртексіздігі топырақтың

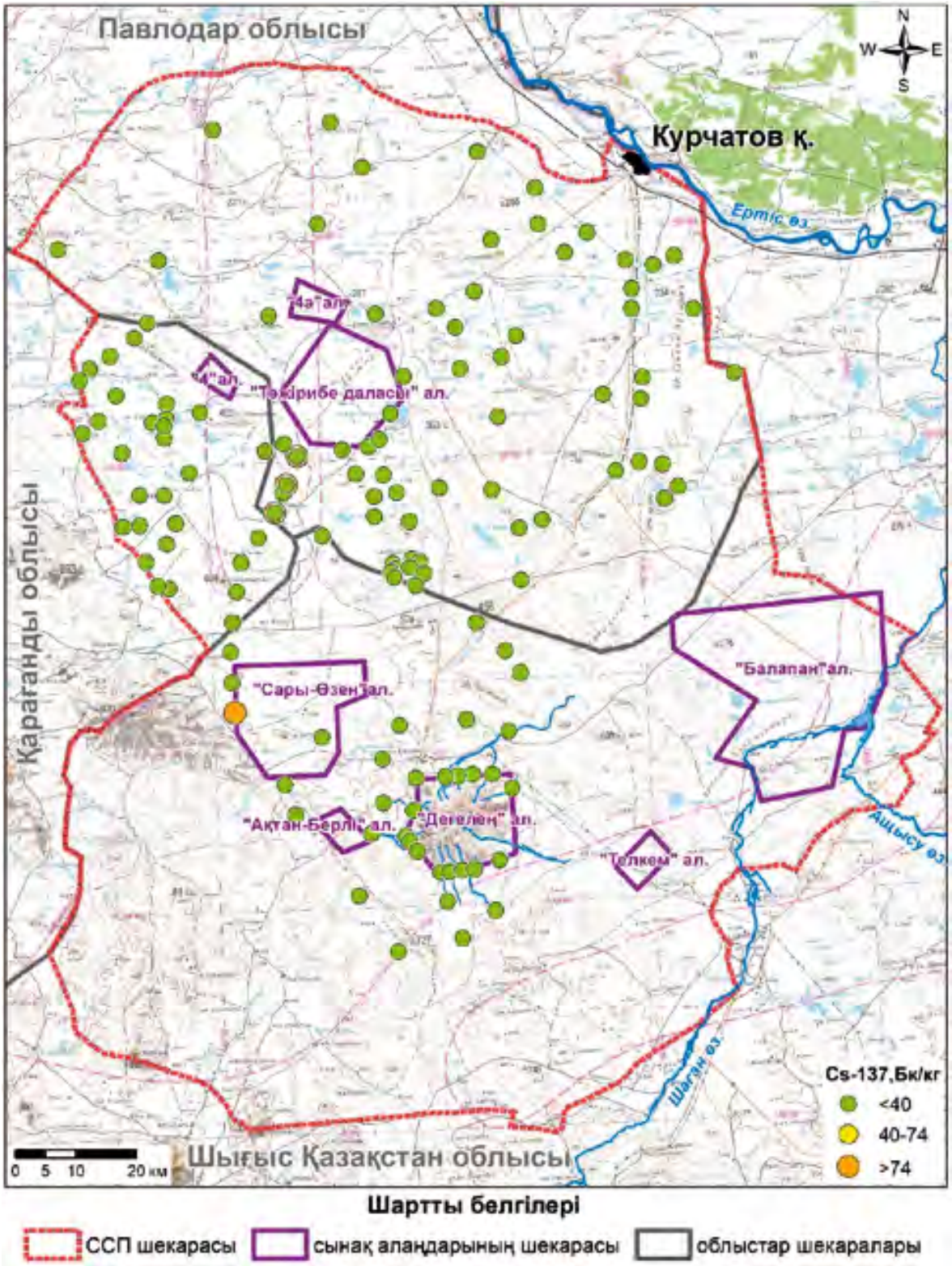
радиоактивті ластану сипатына, сол сияқты ондағы радионуклидтердің анықтау формаларының физика-химиялық қасиеттеріне де көрнекі байланысты.

Алынған деректер бойынша ССП зерттеліп жатқан аумағындағы өсімдік әлемінің объектілерінде ^{137}Cs, ^{241}Am, ^{90}Sr және $^{239+240}Pu$ радионуклидтерінің таралу картасы құрылды (2.30-сурет, 2.31-сурет, 2.32-сурет, 2.33-сурет).

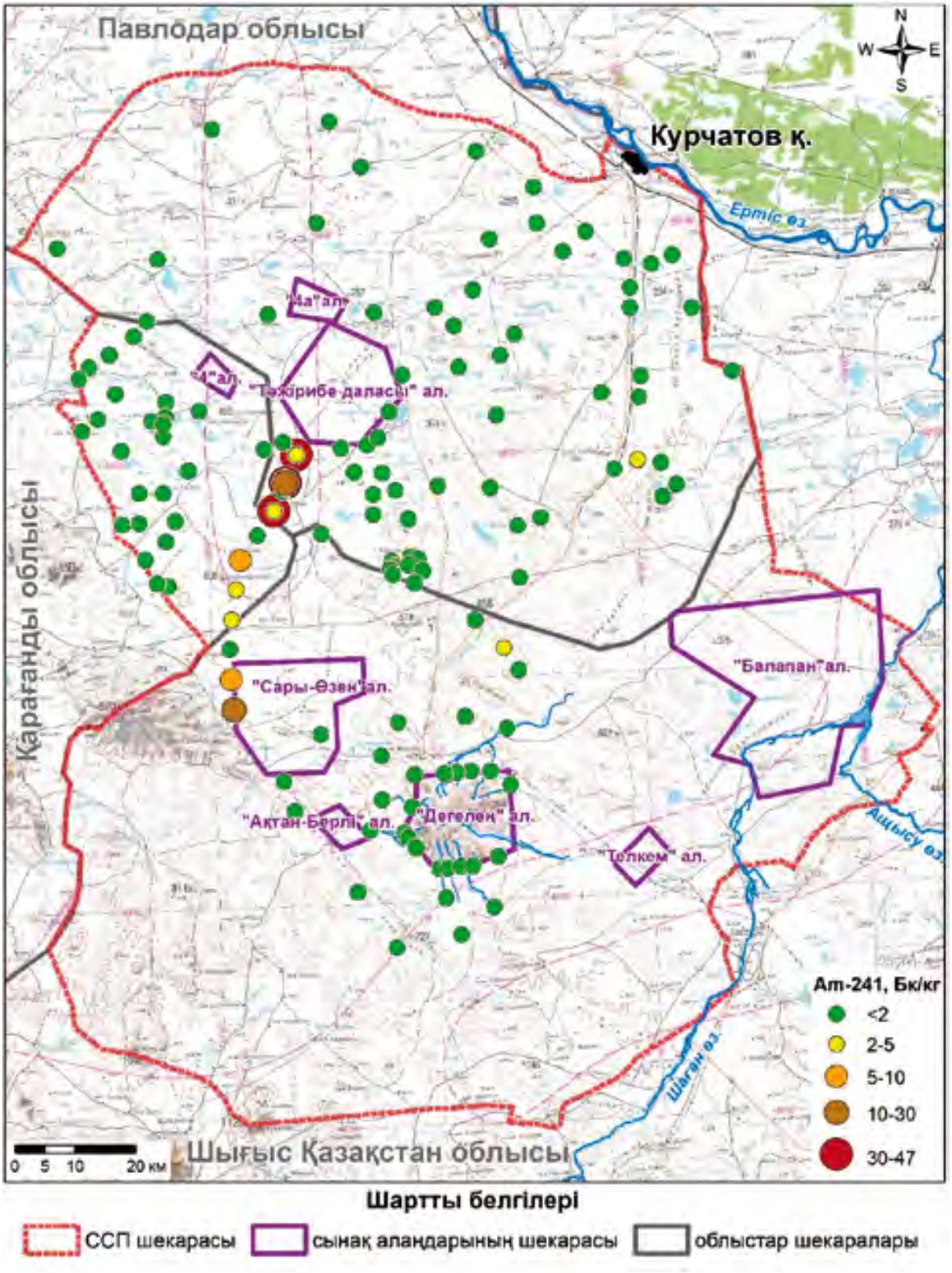
ССП шартты «фондық» аумағындағы өсімдік жамылғысында радионуклидтердің мөлшері минималды мәндермен сипатталады, немесе пайдаланылатын аппаратуралық-әдістемелік қамтамасыз етудің шектерінен төмен жатыр.

Радиоактивті түсулер саласында барлық зерттеліп жатқан радионуклидтер үшін өсімдік жамылғысындағы меншікті белсенділік мәндерінің жоғарылауы байқалады. Мысалы, 1951 жылғы 24 қыркүйекте өткізілген ядролық сынақтан болған радиоактивті түсулердің «іздерінің» ауданында, «Сары-Өзен» алаңынан шекарада, ^{137}Cs және ^{90}Sr радионуклидтері үшін (^{137}Cs – 74 Бк/кг; ^{90}Sr – 111 Бк/кг) (2.30-сурет) жемшөпті өсімдіктердің радиоактивті ластану деңгейлерінің шекті-рұқсатты деңгейлерінің жоғарылауы байқалған [88].

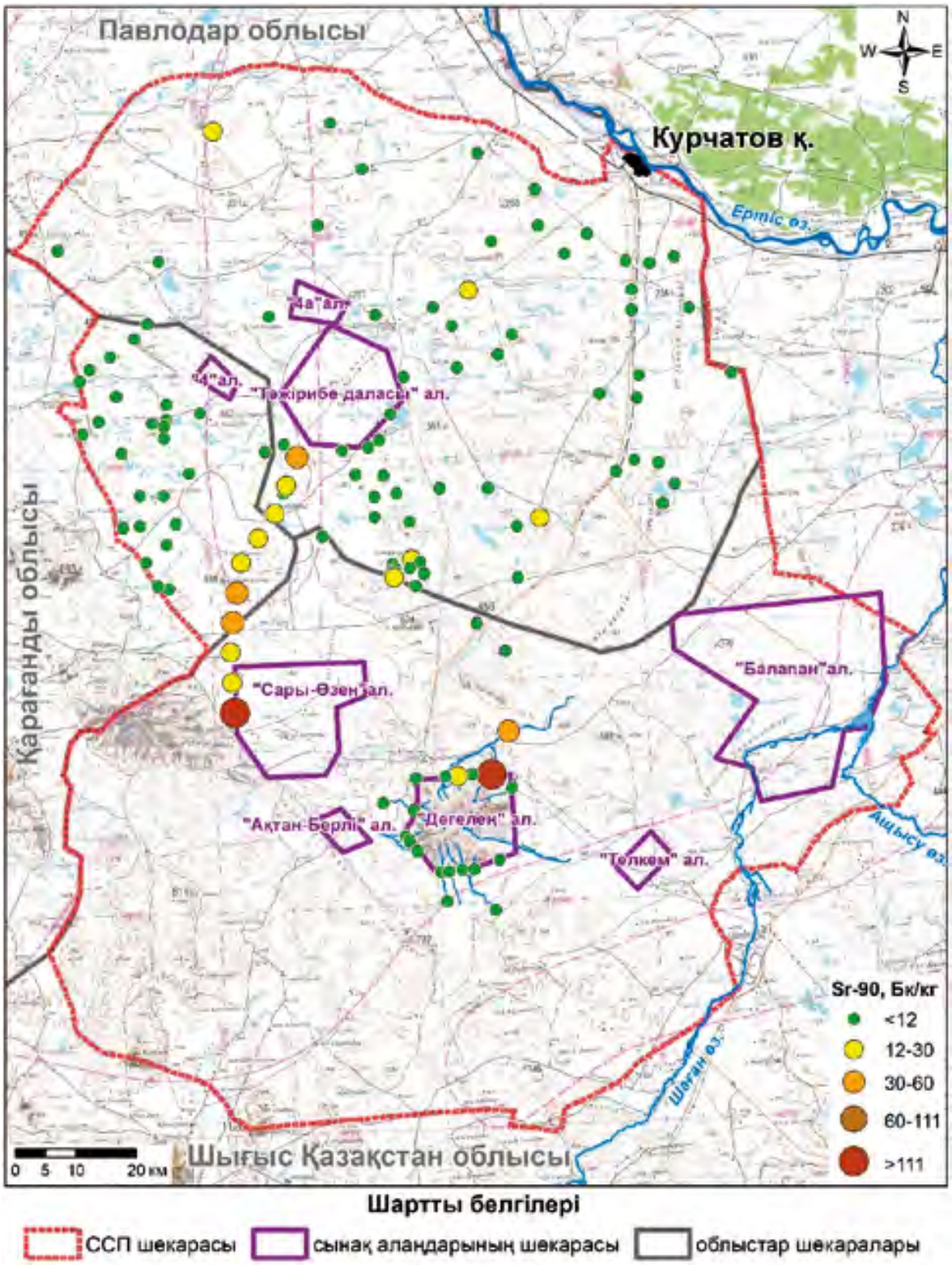
Өсімдіктердегі ^{241}Am және $^{239+240}Pu$ трансуранды радионуклидтердің шоғырлануы нормаланбайды, бірақ, олардың радиоуыттылық дәрежесін ескере отыра, рұқсатты деңгейлер ^{90}Sr (111 Бк/кг) үшін салыстырғанда шамамен бір есеге аз болады деп болжауға болады [88]. Трансуранды радионуклидтер үшін есептік шекті-рұқсатты деңгейлердің 1951 жылғы ядролық сынақтан болған радиоактивті іздер бойымен де артуы байқалады: 2-ден 3 есеге дейін – ^{241}Am үшін және 2-ден 15 есеге дейін – $^{239+240}Pu$ үшін (2.30-сурет).



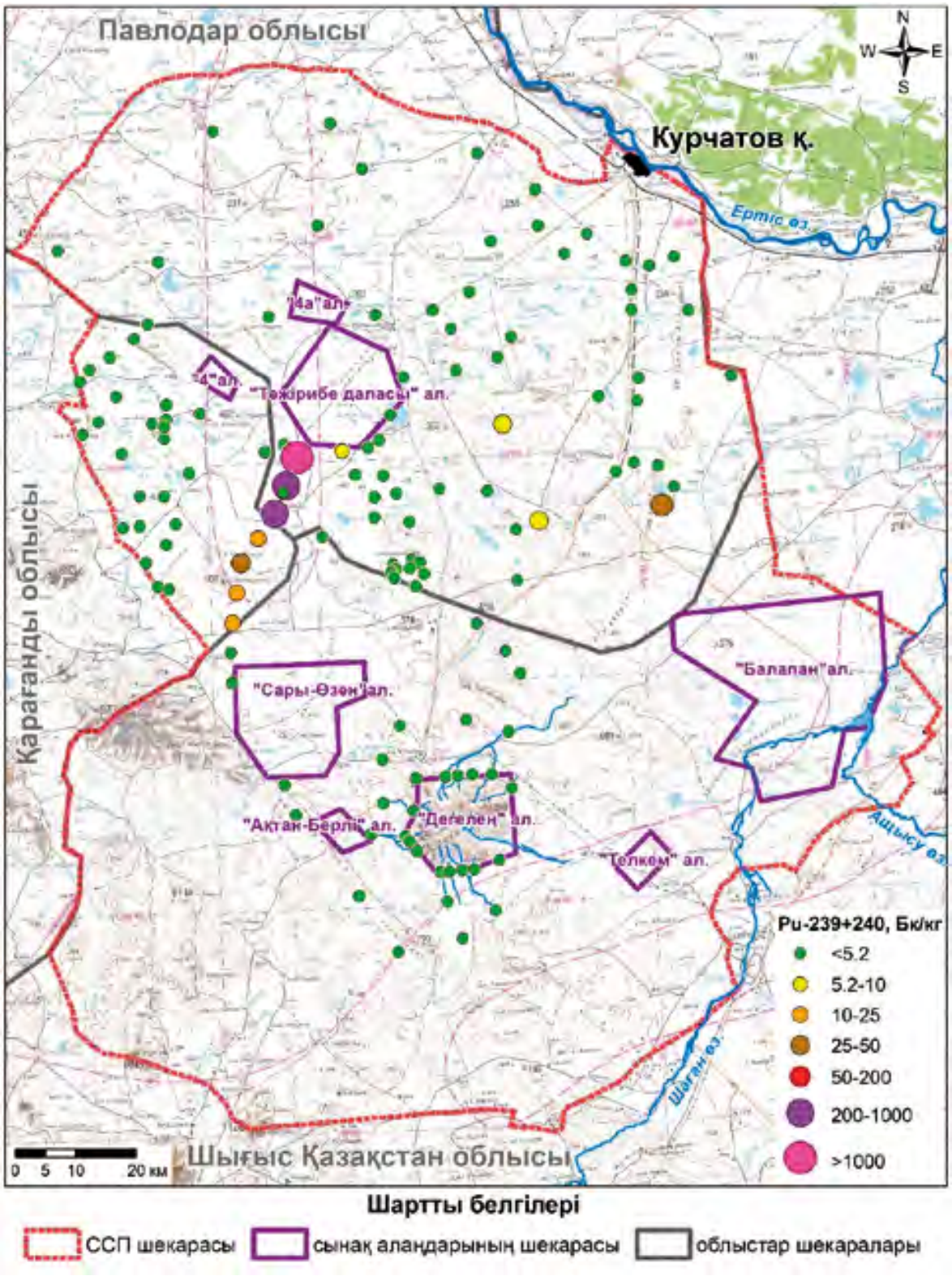
2.30-сурет. ССП өсімдік жамылғысында ^{137}Cs радионуклидінің таралуы



2.31-сурет. ССП өсімдік жамылғысында ^{241}Am радионуклидінің таралуы



2.32-сурет. ССП өсімдік жамылғысында ^{90}Sr радионуклидінің таралуы



2.33-сурет. ССП өсімдік жамылғысында $^{239+240}$Pu радионуклидінің таралуы

Радиоактивті суағындарын шығару жерлерінде өсімдік жамылғысындағы ^{137}Cs және ^{241}Am меншікті белсенділігі пайдаланылатын аппаратуралық-әдістемелік қамтамасыз етудің шектерінен төмен жатыр. Көптеген жағдайларда $^{239+240}Pu$ мөлшері 0,2 Бк/кг аспайды, бұл есептік шекті-рұқсатты деңгейден төмен. ^{90}Sr радионуклиді үшін өсімдіктерде шекті-рауалы деңгейден (^{90}Sr – 111 Бк/кг) [88] тек «Дегелең» алаңының шекарасында Қарабұлақ бұлағы арнасында бір зерттеу учаскесінде артуы байқалған.

ССП қалған аумағындағы өсімдік жамылғысында барлық радионуклидтердің мөлшері минималды мәндермен сипатталады және рұқсатты деңгейлерден аспайды [88].

Қорытынды

Жалпы алғанда, өсімдік әлемінің радиациялық ахуалы ССП аумағының үлкен бөлігінде, оның ішінде бұрынғы сынақ алаңдарының ауданында (олардың шекараларынан тыс) ^{241}Am, $^{239+240}Pu$, ^{90}Sr, ^{137}Cs радионуклидтерінің мөлшері тұрғысында оның шаруашылық қызметте пайдаланылуы кезінде қауіп төндірмейді. Тек 1951 жылғы 24 қыркүйекте өткізілген ядролық сынақтан болған радиоактивті «із» маңы мен «Дегелең» алаңының шекарасында Қарабұлақ бұлағы ауданындағы радиоактивті түсулер учаскесі ғана бұған қосылмайды.

2.9 Жануарлар әлемінің радиациялық ахуалы

ССП аумағының омыртқалы және омыртқасыз жануарларының фаунасы саналуан.

Далалық жұмыстар барысында жүргізілетін бақылаулар, сол сияқты әдеби материалдардың талдауы [1, 2; 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13] зерттеліп жатқан аумақтың омыртқалы жануарларының фаунасы 199 түрден, оның ішінде құстар – 147, сүтқоректілер – 45, бауырымен жорғалаушылар – 7 түрден тұратынын анықтауға мүмкіндік берді. Қазақстан мен табиғатын қорғаудың Халықаралық Қызыл кітабына 16 түрі енгізілген.

ССП зерттеліп жатқан аумағында жануарлар түрлерінің бірқатарының бар болуын таралу ареалдары мен олардың аса ерте мерзімде анықталу нүктелері бойынша әдебиеттерде бар деректерді ескере отыра ықтималдығын қарастыру керек екендігін атап өту қажет.

Ихтиофауна. Зерттеліп жатқан аумақтағы ихтиофауна, негізінен, Ертіс және Шаған өзендерінде, «Атом көлінде», Дегелең таулы массивінің бұлақтарында, сондай-ақ көптеген тұзды көлдерде мекендейді. Ол домалақауыздылардың 2 түрі мен сүйекті балықтардың 18 түрімен берілген (Қазақстан мекендейтін 104-тің ішінен). Саны көбі шаянтәріздестер отрядының өкілдері – 11 түр. Бағалы кәсіпшілік балықтарға бекіретәріздестер (сібір бекіресі, сүйрік), ақсеркетәріздестер (шортан) және нәлімтәріздестер (нәлім). Ақсеркетәріздестер отрядының бір өкілі – сылан – Қазақстан Республикасының Қызыл кітабына енгізілген.

2.34-сурет. «Атом көлінен» зерттеу үшін сазан аулау

Бауырымен жорғалаушылар класы. ССП зерттеліп жатқан аумағындағы бауырымен жорғалаушылар 7 түрмен берілген (Қазақстанда 49 түр). Кесірткелер кіші отрядының өкілдері аса көп кездеседі – тақыр үлкен бас кесірткесі, әртүрлі түсті кесірт-

ке және секіргіш кесіртке, олардың мекендеу тығыздығы көптеген мөлшерге дейін жетеді. Жыландардың кіші отряды 4 түрмен берілген, олардың ішіндегі аса көп таралған және көбі өрнекті абжылан, қалған 3-еуі сирек және аз ғана кездеседі [100].

Қосмекенділер класы. Қосмекенділер екі түрмен берілген – жасыл бақа (*Bufotes viridis*), және сүйір тұмсық бақа (*Rana arvalis*). Екі түрі де Дегелең таулы массивінің аумағында тіркелген.

2.35-сурет. Секіргіш кесірткенің аталығы

Құстар класы. ССП зерттеліп жатқан аумағының орнитофаунасы аса көптүрлі, мұнда 147 құстар түрі мен оның ішінде 15 отряд кездеседі (барлығы Қазақстанда 488 құстар түрі бар). Аса көптүрлі ретінде суды мекендейтін құстар берілген. Өзендер мен көлдердің жағалаулары бойында қазтәріздестер – 13 түр; татрептәріздестер – 23 түрі мекендейді және ұя салады. Сондай-ақ ұсақ торғай құстары көп – 51. Күндізгі жыртқыш құстар отрядының өкілдері (сұңқар тәріздестер) – 19 түр. Сирек кездесетін және қорғалатын құстар саны да көп, Қазақстанның қызыл кітабына 14 түр енгізілген [89, 93, 102, 103, 104].

2.36-сурет. Дала қыранының балапаны

Сүтқоректілер. Қазақстан аумағында мекендейтін сүтқоректілердің 178 түрінен ССП аумағында 6 отрядтың 45 түрі кездеседі. Көптеген түрлері кеміргіштер отрядына жатады. Қазақстанның қызыл кітабына екі түрі – шұбар күзен (*Vormela peregusna*) жыртқыштар мен арқар отрядынан (*Ovis ammon*) айыр тұяқтылар отрядынан енгізілген [103, 93, 97].

2.37-сурет. «Дегелең» алаңындағы фотоаулауда суретке түсіп қалған арқар

ССП аумағындағы далалық жұмыстар барысында кәсіпшілік және әуесқой аң аулау объектілеріне жататын сүтқоректілердің 4 түрінің бар екендігі тіркелген. Бұл орқоян (*Lepus europaeus*), қарапайым борсық (*Meles meles*), қарапайым түлкі (*Vulpes vulpes*) және сібір елігі (*Capreolus pygargus*). Сол сияқты кәсіпшілік және әуесқой аң аулау объектілеріне жататын құстардың 8 түрінің бар екендігі тіркелген. Бұл құр (*Lururus tetrix*), сұр шіл (*Perdix perdix*), сұр қаз (*Anser anser*), барылдауық (*Anas platyrhynchus*), ысылдақ шүрегей (*A. crecca*), сұр үйрек (*A. strepera*), бізқұйрық үйрек (*A. acuta*), жалпақтұмсық үйрек (*A. clupeata*). Халықаралық табиғатты қорғау одағымен CR санатына (қатерлі жағдайда тұрған) жатқызылған сайғақтың (*Saiga tatarica*) көп мөлшері байқалған. Осы жануарлардың жекелеген топтары 700-800 бастан асты. «Дегелең» алаңының шегінде осы жануардың 54-ке дейін түрі тіркелген.

Жануарлар әлемінің радиациялық ахуалын бағалау екі тәсілмен: аулауға мүмкін болған жабайы жануарлардың ағзасындағы радионуклидтердің шоғырлануын тікелей өлшеу, сондай-ақ жа-

нуарлардың ас мәзірін өлшеуге және оның нәжісіне негізделген, яғни оларды аулаусыз, жануарлардың ағзасындағы радионуклидтердің мөлшерін есептік әдіспен анықтау жүргізілді.

Тікелей өлшеулер

ССП жануарлар әлемінің радиациялық ахуалын бағалау үшін жабайы жануарлардың бұлшықет ұлпаларында (етте) радионуклидтердің мөлшері анықтау жүргізілді. Бұл мақсатта әуесқой және кәсіпшілік аң аулау объектілеріне жататын жабайы жануарлардың түрлері – орқоян (*Lepus europaeus*), қарапайым борсық (*Meles meles*), сібір елігі (*Capreolus pygargus*) ауланды. Сол сияқты кәсіпшілік және әуесқой аң аулау объектілері болып табылатын құстар іріктеп алынды, олар – құр (*Lururus tetrix*), сұр шіл (*Perdix perdix*), сұр қаз (*Anser anser*), барылдауық (*Anas platyrhynchus*), ысылдақ шүрегей (*A. crecca*), сұр үйрек (*A. strepera*), бізқұйрық үйрек (*A. acuta*), жалпақтұмсық үйрек (*A. clupeata*). Ауланған жануарлардың бұлшықет ұлпасында (етте) ^{137}Cs, ^{90}Sr, ^{241}Am және $^{239+240}$Pu радионуклидтерінің меншікті белдсенділігі анықталды.

ССП ядролық қару сынақтары жүргізілмеген учаскелеріндегі жабайы жануарлардың бұлшықет ұлпаларындағы (етіндегі) радионуклидтердің мөлшерін анықтаудың алынған нәтижелері ^{137}Cs, ^{90}Sr, ^{241}Am және $^{239+240}$Pu радионуклидтерінің меншікті белсенділігі пайдаланылатын аппаратуралық-әдістемелік база үшін анықтау шегінен аспайтынын көрсетті. ^{137}Cs, ^{90}Sr үшін меншікті белсенділігінің алынған мәндері «Радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз етуге қойылатын санитариялық-эпидемиологиялық талаптар» Гигиеналық нормативтерде жабайы жануарлардың еті үшін көрсетілген рұқсатты деңгейден аспайды [48]. ^{241}Am және $^{239+240}$Pu жабайы жануарлардың етінде нормаланбайды.

Жануарлар әлемінің радиациялық ахуалын есептік бағалау

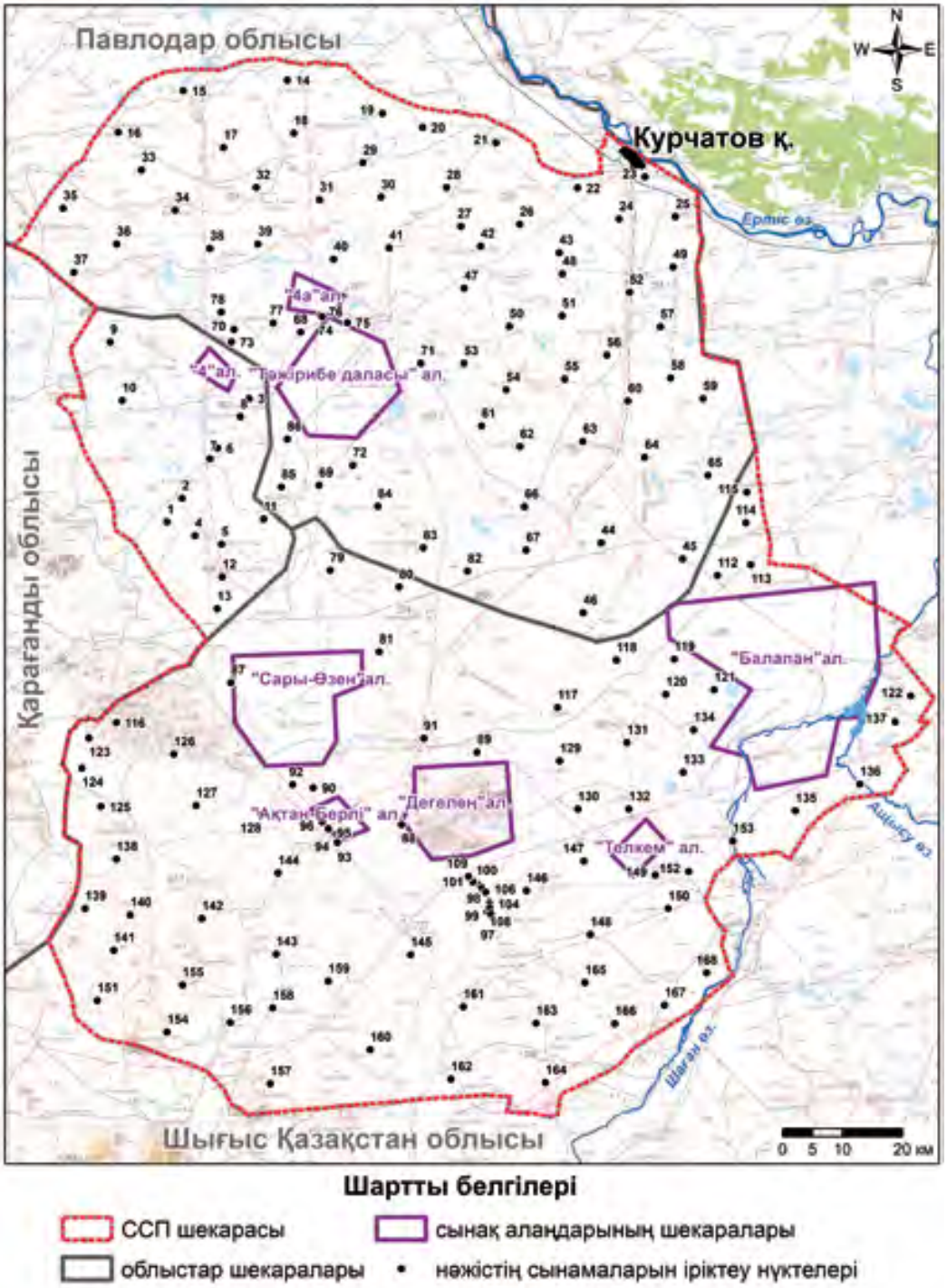
Тегіс торша бойынша бұлшықет ұлпаларының (еттің) сынамасын іріктеп алу үшін қажетті жабайы жануарларды аулау күрделігіне байланысты, әртүрлі факторлардың бар болуына бай-

ланысты (аулау кезеңінде жануарлардың болмауы және т.б.), жануарлар әлемінің объектілеріндегі радионуклидтердің меншікті белсенділігін анықтаудың есептік әдісі қосымша қолданылды, ол әдіс өнеркәсіптік кәсіпорындар мен өзге де шаруашылық объектілері жоқ жерлерде жабайы жануарлардың ағзасын негізгі ластаушы олардың мәзіріне қамтылатын табиғат ортасының құрауыштары болып табылатыны туралы болжамға негізделген. Жабайы жануардың мекендеу ареалы бірнеше жүздеген километрге жететінін ескере отыра, оның мәзіріндегі радионуклидтердің меншікті белсенділігін іс жүзінде анықтау мүмкін емес. Сондықтан жануардың мәзіріндегі радионуклидтердің меншікті белсенділігі осы жануардың нәжісіндегі радионуклидтердің меншікті белсенділігіне сәйкес деп қабылданады. Яғни, есептік әдіс соңынан жануардың ағзасында радионуклидтердің меншікті белсенділігіне қайта есептеуі болатын жануарлардың нәжісіндегі радионуклидтердің меншікті белсенділігін өлшеуге негізделген.

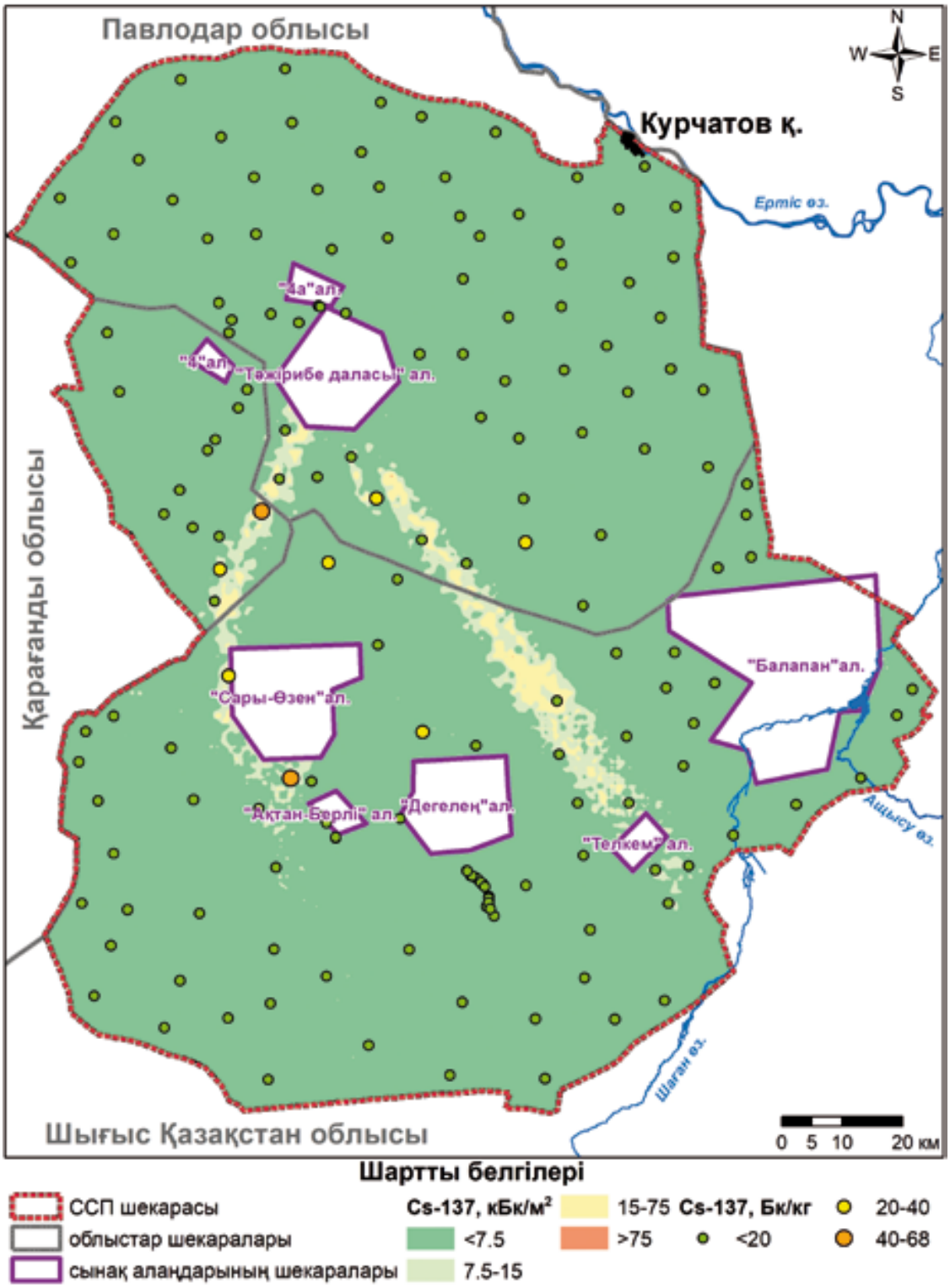
Жабайы жануарлардың етіндегі ^{241}Am және $^{239+240}$Pu радионуклидтерінің меншікті белсенділігі нормаланбайтын болғандықтан, жабайы жануарлардың еті дозалық жүктемені есептеу кезінде пайдаланылмайды, сондай-ақ аталған радионуклидтердің қоректік тізбек бойынша өте төмен жылыстау қасиеттері бар десек, онда есептік бағалау тек ^{137}Cs және ^{90}Sr радионуклидтер үшін ғана жүргізілген. Жабайы жануарлардың бұлшықет ұлпаларындағы (етіндегі) ^{137}Cs және ^{90}Sr радионуклидтерінің меншікті белсенділігін есептік әдіспен анықтау үшін тұяқты жануарлардың (жабайы, сол сияқты еркін жайылымдағы ауыл шаруашылығы жануарларының да) – елік, сайғақ, арқар, жылқылардың нәжістерінің 168 сынамасы іріктеп алынды. Сынамаларды іріктеу 100 км^2-ге бір сынама деп есептеп жүргізілді. Сынамалар зерттеп-қаралып жатқан аумақта салыстырмалы тегіс торша бойынша іріктеп алынды (2.38-сурет).

Суреттерде (2.39-сурет, 2.40-сурет) ССП ядролық сынақтар жүргізілмеген (сынақ алаңдарынан тыс) аумақтарында олардың

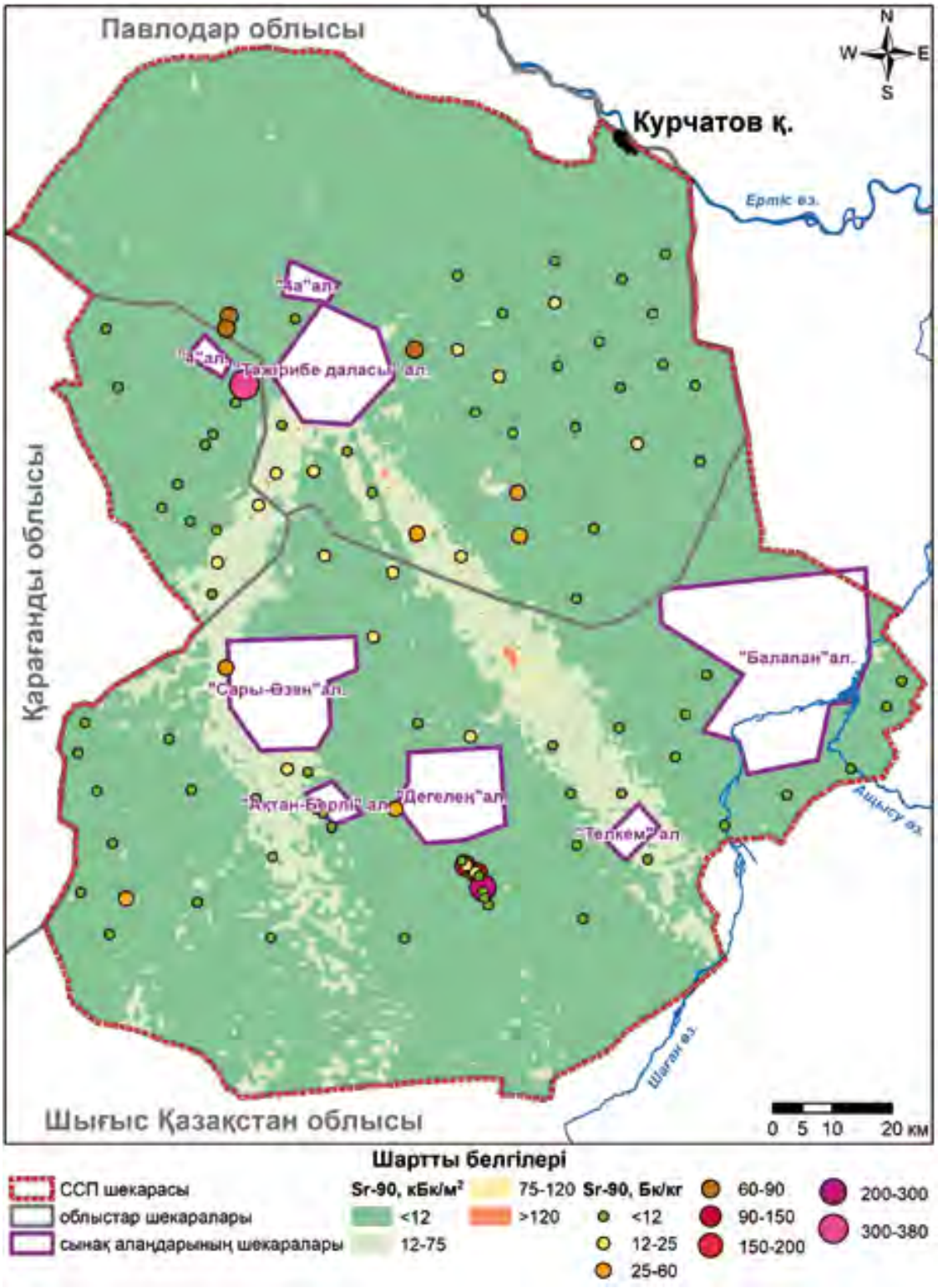
орналасуына байланысты тұяқты жануарлардың нәжістеріндегі ^{137}Cs және ^{90}Sr радионуклидтерінің меншікті белсенділігінің таралуы көрсетілген.



2.38-сурет. Тұяқты жануарлардың нәжістерін іріктеп алу нүктелерінің орналасу сұлбасы



2.39-сурет. Тұяқты ірі жануарлардың нәжістеріндегі ^{137}Cs радионуклидтің меншікті белсенділігі



2.40-сурет. Тұяқты ірі жануарлардың нәжістеріндегі ^{90}Sr радионуклидтің меншікті белсенділігі

Радионуклидтерінің меншікті белсенділігінің жоғарылаған мәндері «4», «4А», «Тәжірибе даласы», «Дегелең» сынақ алаңдарына тікелей іргелес аудандарда мекендейтін немесе жайылатын тұяқты ірі жануарлардың нәжістерінде немесе ядролық сынақтардан болатын іздер түрінде радиоактивті түсулерге байланысты топырақ жамылғысындағы радионуклидтердің меншікті белсенділігінің жоғары мәндерінде тіркеледі. Бұл жағдайда радионуклидтердің меншікті белсенділігінің жоғары мәндерінің тіркелуі бірлі-жарым. Мысалы, ССП бүкіл аумағында жануарлардың нәжістеріндегі ^{137}Cs радионуклидінің меншікті белсенділігінің <0,1-66,5 Бк/кг шектерінде өзгеретін алынған мәндері кезінде орташа мән 4,9 Бк/кг құрады. ^{90}Sr радионуклидінің меншікті белсенділігінің <0,6-353,5 Бк/кг шектерінде өзгеретін алынған мәндері кезінде оның орташа мәні 22,6 Бк/кг құрады. ССП, сынақ алаңының аумағын қамти отыра, аумағы бойынша жануарлардың еркін қозғалуына байланысты тұяқты ірі жануарлардың нәжістерінде радионуклидтердің меншікті белсенділігінің жоғары мәндерінің қандай да бір аумағын бөліп қарау маңызды емес. Сондықтан жабайы жануарлардың ағзасында (бұлшықет ұлпаларында) радионуклидтердің болжамды мөлшерін есептеу кезінде тұяқты ірі жануарлардың нәжістерінде радионуклидтердің меншікті белсенділігінің орташа мәні пайдаланылды (^{137}Cs – 4,9 Бк/кг, ^{90}Sr – 22,6 Бк/кг).

Нәжістердегі радионуклидтердің меншікті белсенділігінің алынған мәндері жабайы жануарлардың ағзасына оларды зерттеп-қаралатын учаскеде қоректендіру кезінде радионуклидтердің болжамды түсуін есептеу үшін пайдаланылады.

Жабайы жануарлардың етіндегі радионуклидтердің меншікті белсенділігін олардың нәжістеріндегі радионуклидтердің меншікті белсенділігі бойынша есептеп шығару мына формула бойынша орындалды:

$$A_{т,і,п,\ пр} = V_{жемшөп} \times A_{т,і,к,\ жемшөп} \times K_{п,і,жемшөп},$$

мында:

$A_{т,і,п,\ пр}$ – жабайы жануарлардың етіндегі і-лік радионуклидтің меншікті белсенділігі;

$V_{жемшөп}$ – жемшөпті тәуліктік тұтыну, кг/тәулік;

$A_{т,і,к,\ жемшөп}$ – жемшөптегі (нәжістегі) і-лік радионуклидтің меншікті белсенділігі, Бк/кг;

$K_{п,і,жемшөп}$ – і-лік радионуклидтің жемшөптен өнімнің 1 килограммына (литріне) өту коэффициенті.

Сайғақ пен еліктер үшін өсімдіктік жемшөпті тәуліктік тұтыну тәулігіне 2 кг-ға (қой үшін секілді), бұғы үшін – 18 кг (жылқы үшін секілді) тең деп қабылданды [105].

Бұлшықет ұлпасына (етке) радионуклидтердің өту коэффициенттері АТЭХАГ – TRS-472 (Ff – «Feed transfer coefficient») құжатында берілген [106]. Бағалау зерттеп-қаралатын жер учаскесінде аса көп тараған тұяқты жануарлар (бұғы, сайғақ, елік) үшін жүргізілді. Сайғақ пен елік үшін Ff берілген, қой, бұғы үшін келтірілгендер – ірі қара мал үшін секілді берілген. Кестеде (2.16-кесте) радионуклидтердің қой және сиыр етіне өту коэффицентінің орташа мәндері келтірілген.

2.16-кесте. Радионуклидтердің жануарлардың ағзасына өту коэффиентінің орташа мәндері

Өнім түрі	1 кг (л) өнімге жемшөптен түсетін F_f	
	^{137}Cs	^{90}Sr
Қой еті (сайғақ, елік үшін)	$1,9\times10^{-1}$	$1,5\times10^{-3}$
Сиыр еті (бұғы үшін)	$2,2\times10^{-2}$	$1,3\times10^{-3}$

Жабайы жануарлардың бұлшықет ұлпаларында (етінде) радионуклидтердің меншікті белсенділігінің мәндері есептік әдіспен (1) формула бойынша есептелген және кестеде берілген (2.17-кесте).

2.17-кесте. ССП ядролық қарудың сынақтары жүргізілмеген учаскелерінде (алаңдар арасындағы аумақ) мекендейтін жабайы жануарлардың етіндегі радионуклидтердің болжамды меншікті белсенділігі

Өнімнің түрі		Радионуклидтердің мөлшері, Бк/кг				
		^{137}Cs		^{90}Sr		
	орташа	минимум	максимум	орташа	минимум	максимум
Ет (сайғақ, елік)	1,9	0,01	172,9	0,07	0,0004	2,8
Ет (бұғы)	1,9	0,08	114,9	0,5	0,002	58,5
Рұқсатты деңгей [48]		300		100		

Жабайы жануарлардың етіндегі ^{137}Cs радионуклидінің меншікті белсенділігінің алынған болжамды мәндері 0,01-ден 173 Бк/кг дейінгі, ^{90}Sr – 0,0004-тен 58,5 Бк/кг дейінгі шектерде құбылады, бұл жабайы жануарлар үшін «Радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз етуге қойылатын санитариялық-эпидемиологиялық талаптар» Гигиеналық нормативтерінде көрсетілген рұқсатты деңгейден аспайды [48].

Сонымен, тікелей өлшеулер мен есептік әдістермен анықталғаны, ССП ядролық қару сынақтары жүргізілмеген аумағында жабайы жануарлардың етіндегі ^{137}Cs және ^{90}Sr радионуклидтерінің меншікті белсенділігінің рұқсатты деңгейінің жоғарылауы күтілмейді. Жабайы жануарлардың етіндегі ^{137}Cs және ^{90}Sr радионуклидтерінің меншікті белсенділігінің күтілетін максималды мәндері 1,7 есе аз, бұл «Радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз етуге қойылатын санитариялық-эпидемиологиялық талаптар» Гигиеналық нормативтерінде көрсетілген жабайы жануарлардың етіндегі радионуклидтердің меншікті белсенділігінің рұқсатты деңгейінен төмен [48].

Қорытынды

Сонымен, тікелей өлшеулер мен есептік әдіспен ССП аумағында, сынақ алаңдарынан тыс, жабайы жануарлардың етіндегі ^{137}Cs және ^{90}Sr радионуклидтерінің меншікті белсенділігінің рұқсатты мәндерінің жоғарылауы күтілмейтіндігі анықталды.

Өйткені жабайы жануарлардың етіндегі ^{241}Am және $^{239+240}$Pu радионуклидтерінің меншікті белсенділігі дозалық жүктеменің есептеу кезінде нормаланбайды, жабайы жануарлардың еті дозалық жүктеменің есептеу пайдаланылмайды, сондай-ақ аталған радионуклидтер қоректік тізбек бойынша өте төмен жылыстау қаситтеріне ие, олардың жабайы жануарлардың етіндегі мөлшерін бағалау жүргізілген жоқ. Алайда жабайы жануарлардың етіндегі ^{241}Am және $^{239+240}$Pu радионуклидтерінің мөлшерін тікелей өлшеу олардың пайдаланылатын аппаратуралық-әдістемелік база үшін анықтау шегінен аспайтынын көрсетті.

2.10 Ауыл шаруашылығы өнімінің радиациялық ахуалын бағалау

Тұрғындардың сәулелену дозасын есептеу үшін қоршаған ортаның объектілеріндегі радионуклидтердің мөлшері туралы ақпараттан басқа, зерттеліп жатқан учаскелерде өндірілетін ауыл шаруашылығы және өсімдік шаруашылығы өнімдеріндегі радионуклидтердің мөлшері туралы ақпарат қажет. Сондықтан ССП кешенді зерттеп-қарау шеңберінде аталған өнімнің радиациялық ахуалына бағалау жүргізілді.

Іс жүзінде бүкіл зерттеп-қаралатын аумақ өзінің табиғи ерекшеліктері (топырақтық-өсімдікті сипаттамасы, бедер) бойынша жайылым жерлер ретінде беріледі. Сондықтан перспективада мал шаруашылығы ауыл шаруашылығының негізгі саласы болып табылады. Алайда, жүйелі емес жайылымды жүргізу салдарынан өсімдік жамылғысының және, нәтижесінде, жемшөп базасының да құнарсыздануы жүреді, өйткені аталған аумақта жайылым жемшөптің жылдық балансының кемінде 80-90 %-ын береді [107]. Сондықтан жайылымдық аумақтардың ғылыми-негізделген ұйымдастырылу жағдайы кезінде аталған аймақ үшін перспективасы бар дәстүрлі ауыл шаруашылығы жануарларының – қой, сиыр, жылқыларды өсірумен айналысатын мал шаруашылық фермаларының дамуы болып табылады.

Сол сияқты далалық шабындықтар – кезеңмен шабылатын ауыл шаруашылығы алқаптары, яғни далалық типті аймақтық өсімдіктері бар жайылымдықтар таралуы мүмкін. Кешенді суару тәсілдерін қолдану кезінде (минералдық және органикалық тыңайтқыштар, микроэлементтерді енгізу, суғармалау және т.б.) зерттеліп жатқан аумақта дәнді дақылдарды (қара бидай, бидай, арпа, сұлы) мүмкін. Алайда, қызметтің бұл түрі, барлығынан бұрын, Ертіс өзеніне байланысты суландырудың созылған жүйесінің құрылысының қажеттілігіне, ССП аумағында тұщы суайдыны болмауына (Дегелең таулы массивінің бұлақтарынан басқа) байланысты пайдалы болмайды. Фермерлік шаруашылықтардың тұрғындарын қамтамасыз ету үшін осы фермаларда ұйымдастырылған үй іргесіндегі учаскелердегі бақшалық өсімдік өнімін алуға болады.

Сонымен, зерттеліп жатқан аумақта ауыл шаруашылығының болжамды саласы «Қосалқы шаруашылық жүргізетін фермер» принципіне негізделген мал шаруашылығы болып табылады. Өсімдік шаруашылығы саласынан фермерлік шаруашылықтардың тұрғындарының бақшалық өніммен мұқтаждықтарын қамтамасыз ету үшін осы фермаларда ұйымдастырылған үйіргелік учаскелердің таралуын алуға болады.

Зерттеліп жатқан жер учаскелерінде өндірілуі мүмкін өсімдік шаруашылығы өнімінің радиациялық ахуалы

ССП аумағында өсімдік шаруашылығы өнімі өндірілмейді. Алайда өсімдік шаруашылығы өнімінде радионуклидтердің болжамды мөлшері туралы деректер тұрғындарға азық-түлік өнімдерімен ішкі сәулеленуден түсетін дозалық жүктелемерді бағалау үшін қажет. Сондықтан зерттеліп жатқан жер учаскесінде өндірілуі мүмкін өсімдік шаруашылығы өнімінің радиациялық ахуалын есептік әдіспен, топырақ жамылғысындағы радионуклидтердің мөлшері туралы деректердің және топырақтан өсімдік шаруашылығы өсімдіктеріне радионуклидтердің өту коэффиценттерінің

негізінде бағалау шешімі қабылданды. Пайдаланылатын адамның ішкі сәулелену дозаларын есептеу әдістемесінде [108] бидай (тұқымы), картоп (түйіні), көкөністер мен жеміс-жидектер (жемістері) секілді өнім түрлеріндегі радионуклидтердің меншікті белсенділігінің мәндері пайдаланылады. Сондықтан есептеу нақты осы өсімдік шаруашылығының дәнді дақылдарына жүргізілді.

Өсімдік шаруашылығы өнімінің радиациялық ахуалын бағалау үшін ондағы ^{137}Cs, ^{241}Am, $^{239+240}Pu$, ^{90}Sr негізгі жасанды радионуклидтерінің меншікті белсенділігі есептеп шығарылды.

Өсімдік шаруашылығы өніміндегі радионуклидтердің меншікті белсенділігін есептеп шығару мына формула бойынша орындалды:

$$A_{m,i,өнім} = A_{i,0\text{-}20} \times F_v \frac{K_{\%}}{100}$$

мында:

$A_{m,i,өнім}$ – өсімдік шаруашылығы өніміндегі і-лік радионуклидтің меншікті белсенділігі, Бк/кг;

$A_{i,0\text{-}20}$ – топырақ қабатындағы і-лік радионуклидтің меншікті белсенділігі, 0-20 см, Бк/кг;

F_v – өсімдік шаруашылығы өніміндегі і-лік радионуклидтің меншікті белсенділігінің 0-20 см топырақ қабатындағы і-лік радионуклидтің меншікті белсенділігіне қатынасын анықтайтын радионуклидтің топырақтан өсімдікке өту коэффициенті;

$K_{\%}$ – өсімдік шаруашылығы өнімі сынамасының жалпы массасындағы құрғақ заттек мөлшерінің пайызы.

Радионуклидтердің топырақтан өсімдікке өту коэффициенттерінің мәндерін таңдау кезінде (*Fv*), бірінші кезекте, олардың нақты зерттеу аймағы үшін бар болуы ескерілді. ҚР Ұлттық ядролық орталығының мамандары ССП аумағында «Тәжірибелік фермерлік шаруашылықтар» деп аталатын радиоактиті ластанған учаскелерде ұйымдастырылған радионуклидтердің ауыл шаруашылығы өнімдеріне өту параметрлерін алуға бағытталған табиғи

тәжірибелер сериясы жүргізілді. Жүргізілген зерттеулердің нәтижесінде жасанды радионуклидтердің топырақтан аймақта өсірілетін негізгі өсімдік шаруашылығы өнімдеріне өту параметрлерін алуға мүмкіндік туды. Аталған параметрлерді қоректік тізбектер бойынша радионуклидтердің жылыстауын бағалаудың, адам үшін дозалық жүктемелерді бағалау мен қатерді бағалаудың болжамды үлгілерінде қолдануға болады. Жұмыстардың негізгі нәтижелері есептер мен жарияланымдарда жарияланған [109, 110, 111, 112].

Сонымен, радионуклидтердің бидайдағы, картоп пен көкөністердегі меншікті белсенділіктерін есептеу үшін «Тәжірибе даласы» сынақ алаңында 2010-2013 жылдардағы табиғи тәжірибелер сериясын жүргізу барысында пайдаланылды [110]. Мұндай коэффициенттер жеміс-жидектер үшін алынған жоқ, осыған байланысты АТЭХАГ – TRS-472 материалдарының деректері пайдаланылды (2.18-кесте) [113].

2.18-кесте. Өсімдік шаруашылығы өнімі үшін радионуклидитердің топырақтан өсімдікке өту коэффициенттерінің мәндері (F_v)

Өсімдік шаруашылығы өнімі	F_v			
	^{137}Cs	^{90}Sr	$^{239+240}Pu$	^{241}Am
Бидай	$4,1\times10^{-4}$	$2,6\times10^{-2}$	$8,1\times10^{-4}$	$1,1\times10^{-3}$
Картоп (түйіні)	$3,3\times10^{-3}$	$1,9\times10^{-2}$	$4,3\times10^{-4}$	$1,1\times10^{-3}$
Көкөністер	$1,1\times10^{-2}$	$1,1\times10^{-1}$	$1,2\times10^{-3}$	$8,1\times10^{-4}$
Жеміс-жидектер (жемістері)	$3,6\times10^{-2}$	$3,6\times10^{-1}$	$6,2\times10^{-5}$	$7,9\times10^{-4}$

Радионуклидитердің топырақтан өсімдікке өту коэффициенттерінің пайдаланылған мәндері өсімдіктердің құрғақ массасы үшін алынған, ал дозаларды есептеу әдістемесінде құрғақ өсімдік шаруашылығы өніндегі радионуклидтердің меншікті белсенділік мәндері пайдаланылады. Сондықтан құрғақ заттекке меншікті белсенділікті қайта есептеу үшін АТЭХАГ материалдарында берілген ауылшаруашылығы өнімдеріндегі құрғақ заттек мөлшерінің пайыз мәндері пайдаланылды (2.19-кесте) [114].

2.19-кесте. Өсімдік шаруашылығы өніміндегі сынаманың жалпы массасындағы құрғақ заттек мөлшерінің пайызы ($К_{\%}$)

Өсімдіктер түрі	Құрғақ заттек, %
Бидай (тұқымы)	88,0
Картоп (түйіні)	49,0
Көкөністер	28,0
Жеміс-жидектер (жемістері)	18,4

Көкөністер мен жеміс-жидектерге құрғақ массаны қайта есептеу үшін сәйкесінше орамжапырақ пен жүзім үшін келтірілген мәндер (өзінің кіші топтарындағы максималды мәндер сияқты) пайдаланылған.

Радионуклидтердің күтілетін меншікті белсенділігін есептеу алаңдық зерттеп-қараудың әр нүктесі үшін жасалды (20000 нүктеден артық). 0-5 см топырақ қабатындағы радионуклидтердің меншікті белсенділігі мәндерінің негізінде және топырақ бейіні бойынша радионуклидтердің таралу сипаты туралы ақпарат негізінде еске саламыз. 0-20 см ($A_{i,0\text{-}20}$) топырақ қабатындағы радионуклидтердің меншікті белсенділігінің мәндері алынғандығын, нақты айтқанда, жоғары айтылған осы тереңдік топырақтан радионуклидтердің топырақтан ауыл шаруашылығы өсімдіктеріне өту коэффициенттерімен пайдаланылады. ССП аумағын кешенді зерттеп-қарау 2008 жылдан бастап 2021 жылға дейін жүргізілгендіктен, 2021 жылға олардың жартылай ыдырау кезеңдерін ескере отыра, 0-5 см топырақ қабатындағы радионуклидтердің меншікті белсенділігін қайта есептеу алдын ала жүргізілді.

Сонымен, өсімдік шаруашылығы өніміндегі ^{137}Cs, ^{241}Am, $^{239+240}Pu$ және ^{90}Sr радионуклидтерінің меншікті белсенділік мәндер диапазоны мен есептелген орташа мәндері өнімдегі олардың мөлшерінің рұқсатты деңгейлерімен салыстырғаны кестеде берілген (2.20-кесте).

2.20-кесте. Өсімдік шаруашылығы өніміндегі радионуклидтердің меншікті белсенділігі

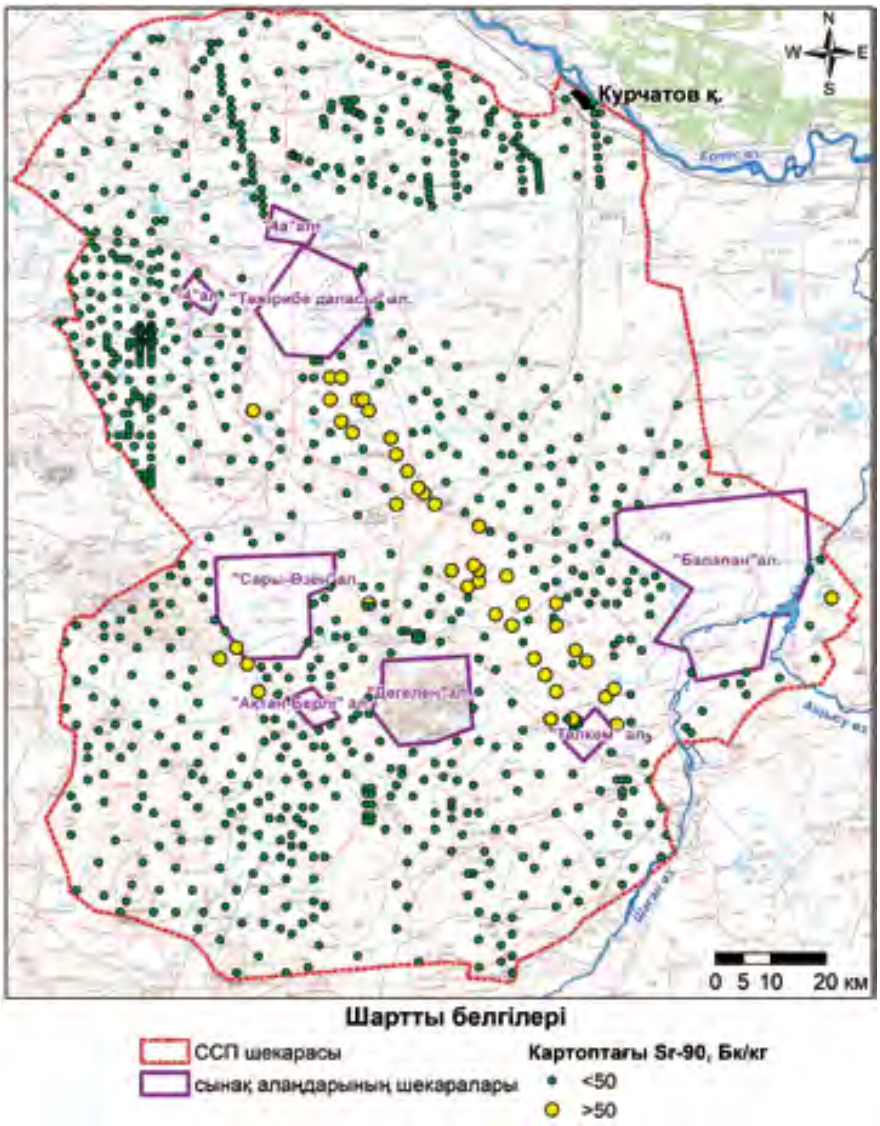
Өнім түрі	Радионуклид	Орташа	Минимум	Максимум	Рұқсатты деңгей
Бидай (тұқым)	**^{241}Am**	0,001	$1,3\times10^{-5}$	0,3	4
	^{137}Cs	0,003	$2,4\times10^{-6}$	0,1	70
	^{90}Sr	0,61	0,0002	**72**	40
	$^{239+240}$Pu	0,007	$5,5\times10^{-5}$	3,1	4
Картоп (түйіндері)	**^{241}Am**	0,0007	$6,9\times10^{-5}$	0,2	5
	^{137}Cs	0,1	$1,1\times10^{-5}$	0,7	500
	^{90}Sr	0,3	$9,7\times10^{-5}$	29	50
	$^{239+240}$Pu	0,002	$1,6\times10^{-5}$	0,9	5
Көкөністер	**^{241}Am**	0,0003	$2,9\times10^{-6}$	0,07	4
	^{137}Cs	0,02	2×10^{-5}	1,2	120
	^{90}Sr	0,8	0,0003	**97**	40
	$^{239+240}$Pu	0,003	$2,6\times10^{-5}$	1,5	4
Жеміс-жидектер (жемістері)	**^{241}Am**	$8,4\times10^{-5}$	$8,6\times10^{-6}$	0,02	3
	^{137}Cs	0,05	4×10^{-5}	2,4	40
	^{90}Sr	1,8	0,0007	**209**	30
	$^{239+240}$Pu	0,00012	$8,7\times10^{-5}$	0,05	3

Өсімдік шаруашылығы өнімдеріндегі ^{137}Cs және ^{90}Sr радионуклидтері мөлшерінің рұқсатты деңгейлері «Радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз етуге қойылатын санитариялық-эпидемиологиялық талаптар» Гигиеналық нормативтерде белгіленген [48]. Азық-түлік тағамдарындағы $^{239+240}$Pu және ^{241}Am радионуклидтерінің мөлшері нормаланбайды, алайда, «Радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз етуге қойылатын санитариялық-эпидемиологиялық талаптар» Гигиеналық нормативтерінде [48] тағаммен жылдық түсу шегі тұрғындар үшін ^{90}Sr ($^{239+240}$Pu –$2,4\times10^3$ Бк/жыл, ^{241}Am – $2,7\times10^3$ Бк/жыл, ^{90}Sr – $1,3\times10^4$ Бк/жыл) үшін ұқсас көрсеткішпен салыстырғанда бір есеге аз болғандықтан, олардың үлкен радиоуыттылығын ескере отыра, ^{90}Sr-мен салыстырғанда рұқсатты деңгейлері бір ретке артық деп болжауға болады. $^{239+240}$Pu және ^{241}Am үшін кестедегі рұқсатты деңгейлер (2.20-кесте) осы есептен берілген. Сонымен, ^{137}Cs

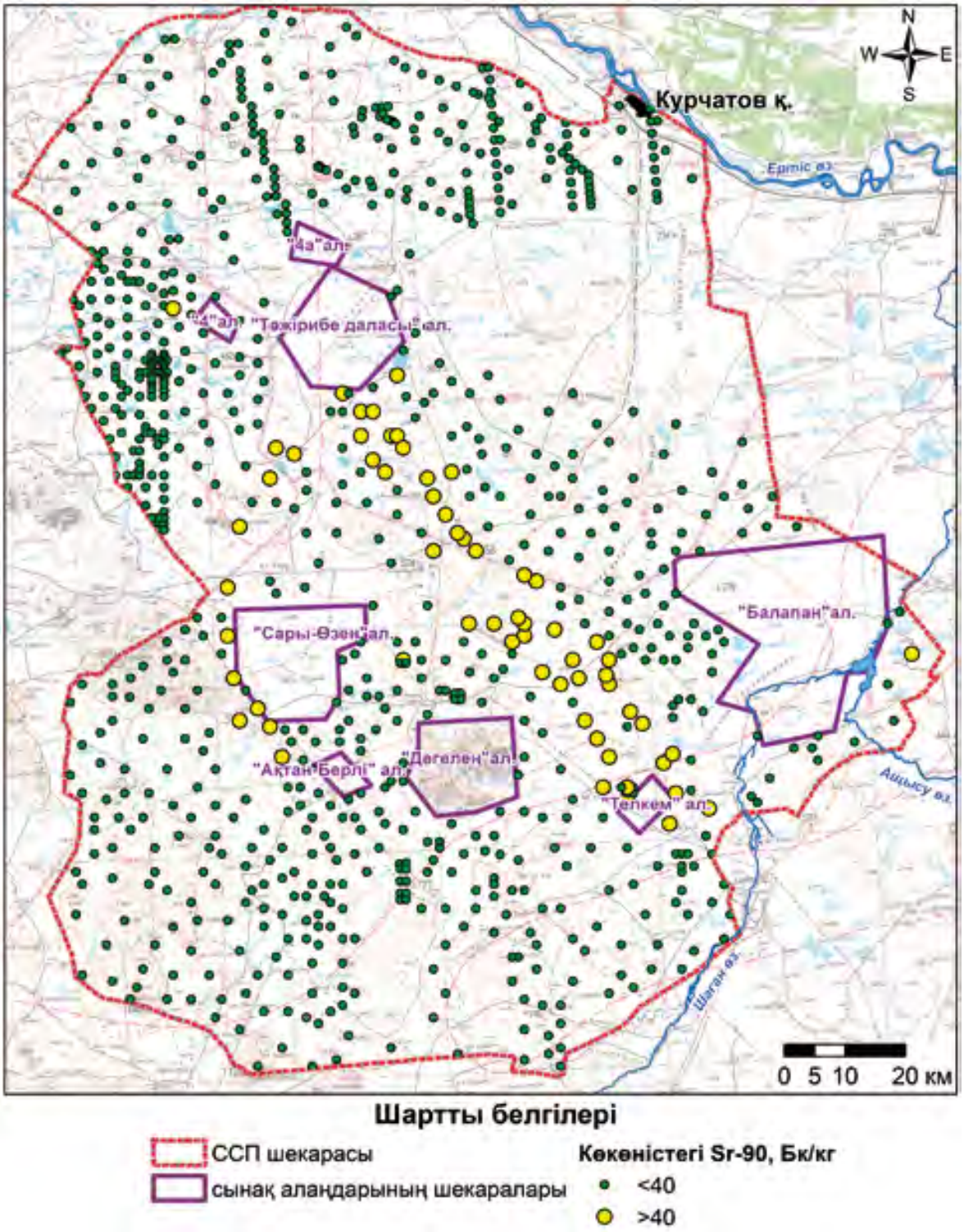
үшін өсімдік шаруашылығы өнімдеріндегі максималды күтілетін мәндер мыналарды құрады: бидай үшін – 0,1 Бк/кг, картоп үшін – 0,7 Бк/кг, көкөністер үшін – 1,2 Бк/кг және жеміс-жидектер үшін – 2,4 Бк/кг. Бұл рұқсатты деңгейден сәйкесінше 700, 714, 100 және 16,7 есеге аз. Өсімдік шаруашылығы өнімдеріндегі ^{90}Sr радионуклид үшін максималды күтілетін мәндер құрады: бидай үшін – 72 Бк/кг, көкөністер үшін – 97 Бк/кг және жеміс-жидек үшін – 209 Бк/кг. Бұл рұқсатты деңгейлерден сәйкесінше 1,8, 2,4, және 7 есеге көп. ^{90}Sr картоптағы максималды мөлшері – 29 Бк/кг, бұл рұқсатты деңгейлерден 1,7 есеге аз. ^{90}Sr радионуклидінің рұқсатты деңгейлерден асатын барлық меншікті белсенділік мәндері [48] «4» сынақ алаңының ауданында және іздер түріндегі радиоактивті түсулердің аумақтарында тіркелген (2.41-сурет, 2.42-сурет, 2.43-сурет, 2.44-сурет).

Өсімдік шаруашылығы өнімдеріндегі ^{137}Cs және ^{90}Sr радионуклидтері мөлшерінің рұқсатты деңгейлері «Радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз етуге қойылатын санитариялық-эпидемиологиялық талаптар» Гигиеналық нормативтерде белгіленген [48]. Азық-түлік тағамдарындағы $^{239+240}$Pu және ^{241}Am радионуклидтерінің мөлшері нормаланбайды, алайда, «Радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз етуге қойылатын санитариялық-эпидемиологиялық талаптар» Гигиеналық нормативтерінде [48] тағаммен жылдық түсу шегі тұрғындар үшін ^{90}Sr ($^{239+240}$Pu –2,4×10^{3} Бк/жыл, ^{241}Am – 2,7×10^{3} Бк/жыл, ^{90}Sr – 1,3×10^{4} Бк/жыл) үшін ұқсас көрсеткішпен салыстырғанда бір есеге аз болғандықтан, олардың үлкен радиоуыттылығын ескере отыра, ^{90}Sr-мен салыстырғанда рұқсатты деңгейлері бір реткe артық деп болжауға болады. $^{239+240}$Pu және ^{241}Am үшін кестедегі рұқсатты деңгейлер (2.20-кесте) осы есептен берілген. Сонымен, ^{137}Cs үшін өсімдік шаруашылығы өнімдеріндегі максималды күтілетін мәндер мыналарды құрады: бидай үшін – 0,1 Бк/кг, картоп үшін – 0,7 Бк/кг, көкөністер үшін – 1,2 Бк/кг және жеміс-жидектер үшін – 2,4 Бк/кг. Бұл рұқсатты деңгейден сәйкесінше 700, 714,

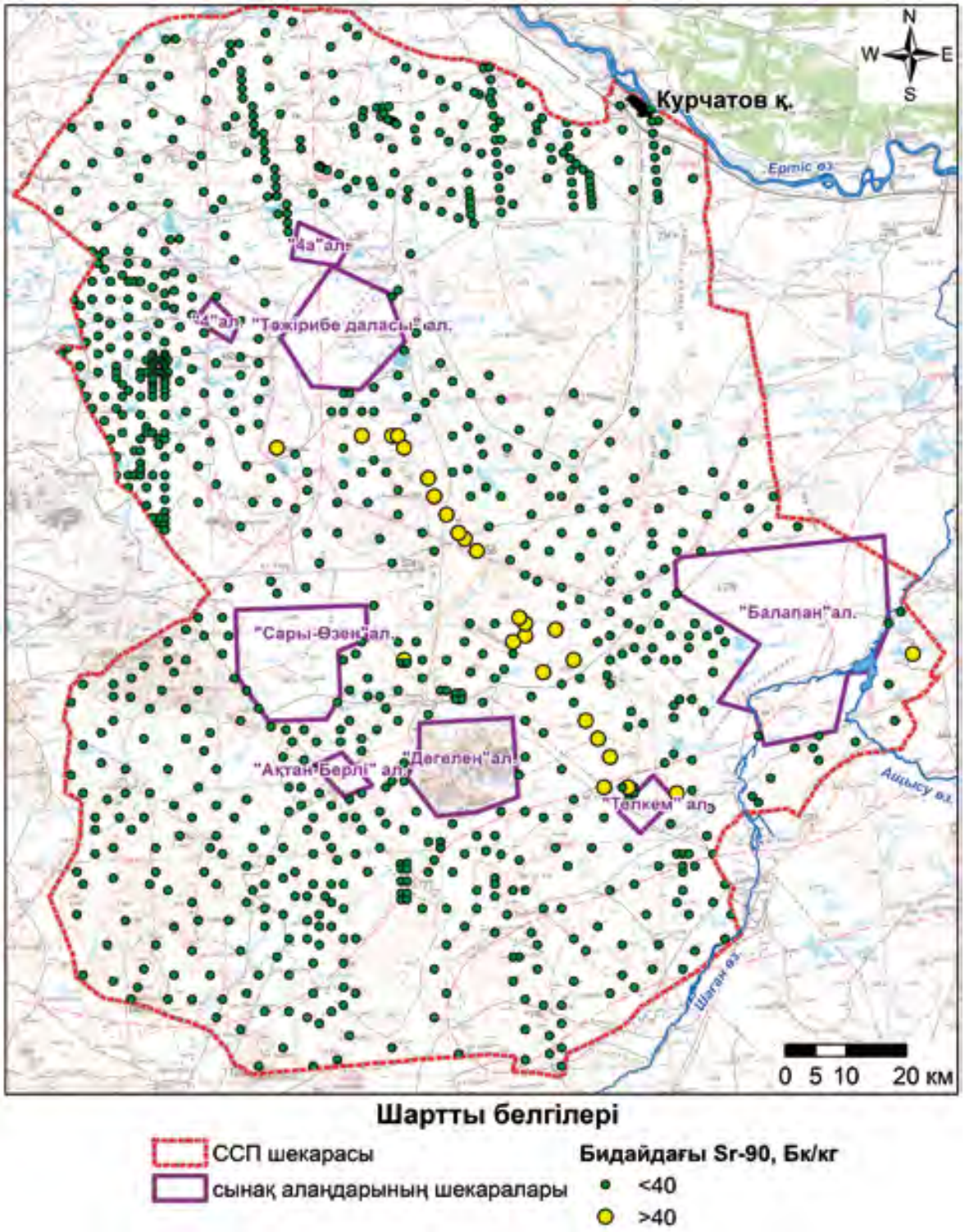
100 және 16,7 есеге аз. Өсімдік шаруашылығы өнімдеріндегі ^{90}Sr радионуклид үшін максималды күтілетін мәндер құрады: бидай үшін – 72 Бк/кг, көкөністер үшін – 97 Бк/кг және жеміс-жидек үшін – 209 Бк/кг. Бұл рұқсатты деңгейлерден сәйкесінше 1,8, 2,4, және 7 есеге көп. ^{90}Sr картоптағы максималды мөлшері – 29 Бк/кг, бұл рұқсатты деңгейлерден 1,7 есеге аз. ^{90}Sr радионуклидінің рұқсатты деңгейлерден асатын барлық меншікті белсенділік мәндері [48] «4» сынақ алаңының ауданында және іздер түріндегі радиоактивті түсулердің аумақтарында тіркелген (2.41-сурет, 2.42-сурет, 2.43-сурет, 2.44-сурет).



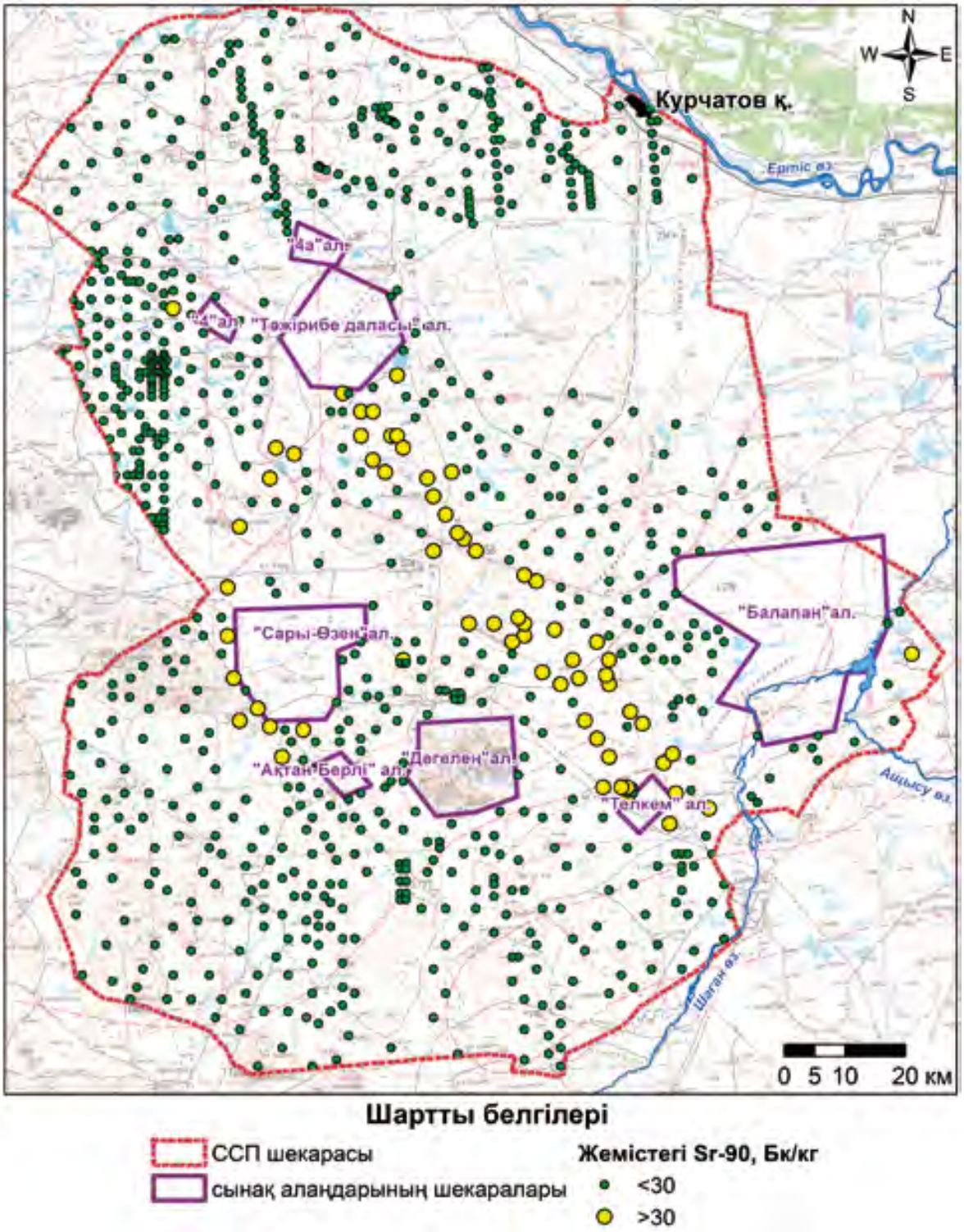
2.41-сурет. ^{90}Sr радионуклидінің картоптағы болжамды меншікті белсенділігінің ССП аумағы бойынша таралуы



2.42-сурет. ^{90}Sr радионуклидінің көкөністердегі болжамды меншікті белсенділігінің ССП аумағы бойынша таралуы



2.43-сурет. ^{90}Sr радионуклидінің бидайдағы болжамды меншікті белсенділігінің ССП аумағы бойынша таралуы



2.44-сурет. ^{90}Sr радионуклидінің жеміс-жидектердегі болжамды меншікті белсенділігінің ССП аумағы бойынша таралуы

Өсімдік шаруашылығының барлық өнімдеріндегі $^{239+240}$Pu және ^{241}Am радионуклидтерінің күтілетін максималды меншікті белсенділіктері есептік рұқсатты деңгейлерден аспайды.

Қорытынды

Сонымен, өсімдік шаруашылығы өнімдерінің радиациялық ахуалын есептік әдіспен зерттеп-қарау нәтижелері бойынша полигон аумағында ауыл шаруашылығының дәнді дақылдарын (бидай, картоп, жеміс-жидек және көкөністер) өсіру жағдайында, орташа алғанда, өсімдік шаруашылығы өнімдеріндегі радионуклидтердің меншікті белсенділігінің артуы күтілмейтіндігі анықталды. Алайда радиоактивті түсулердің созылған іздерінің учаскелері мен «4» сынақ алаңының ауданында радионуклиді мөлшерінің рұқсатты деңгейінің артуы бидайда, көкөністер мен жеміс-жидектерде күтіледі. Жүргізілген есеп жеткілікті ескі екендігін атап өту қажет, өйткені онда өсімдік шаруашылығы өнімдерін алуға ықпал жасайтын агротехникалық шаралар кешені ескерілмейді. Мысалы, топырақ өнімділігін жақсарту үшін ССП жағдайында органикалық тыңайтқыштарды қосу қажет, бұл топырақ жамылғысындағы радионуклидтердің шоғырлануының араласуына сөзсіз әкеледі. Калий және фосфор тыңайтқыштарын қосу өзінен соң ^{137}Cs және ^{90}Sr радионуклидтерінің өтуін төмендетеді, өйткені соңғылары сәйкесінше калий мен фосфордың алмастырушысы болып табылады. Сол сияқты, топырақты 20 см артық тереңге жырту ауыл шаруашылығы дақылдарын отырғызу үшін дайындалған бастапқы белсенділіктің төмендеуіне алып келеді.

Зерттеліп жатқан жер учаскелерінде өсірілетін мал шаруашылығы өнімдерінің радиациялық ахуалы

ССП зерттеп-қаралатын аумағында өсірілетін ауыл шаруашылығы жануарлары – бұлар құйрықты, қылшық жүнді қойлар, ірі қара мал – етті және сүтті тұқымдар араласқан, сондай-ақ қазақи тұқымды жылқы (Жабы, Абай тұқымы).

Ауыл шаруашылығы жануарларын қора-жайылым жағдайларында ұстайды. Мал бағу жүйесі – еркін немесе жүйесіз. Бұл аумақтың жайылымы жыл бойы пайдаланылады. Кейбір учаскелер ғана жазда пайдаланылады, өйткені малды табиғи жайылымдарда жаю мамыр айының бірінші онкүндігінде басталып қазан айының басында аяқталады.

Мал шаруашылығы өнімдерінің радиациялық ахуалын тәжірибелік әдіспен бағалау

ССП ядролық қару сынақтары жүргізілмеген аумағында өндірілетін ауыл шаруашылығы өнімдерінің сапасын бағалау үшін жеке жаздықтар мен қыстауларда мал шаруашылығы өнімдерінің сынамаларын іріктеп алу жүргізілді. Негізінен ет пен сүт іріктеп алынды, қосымша сол сияқты ^{90}Sr анықтау үшін сүйек ұлпасы іріктеп алынды, өйткені ол осы радионуклидтің аккумуляциялану орны болып табылады. Барлығы зерттеу барысында 20 сүт сынамасы 20 ет сынамасы (қой еті, сиыр еті, жылқы еті), 6 сүйек ұлпасының сынамасы іріктеп алынды.

Ет өнімі шикі және/немесе қатырылған түрде массасы 0,7-ден 1,2 кг дейін, сүт өнімі – 0,5-тен 1 литрге дейінгі көлемде іріктеп алынды. Ет өнімі үшін сою күні, малдың түрі анықталды.

ССП негізгі доза құраушы және аса көп таралған радионуклидтер ^{137}Cs, ^{241}Am, ^{90}Sr және $^{239+240}$Pu болып табылады. Сондықтан, ССП алынатын мал шаруашылығы өнімдерінің радиациялық ахуалын бағалау үшін нақты осы радионуклидтер қарастырылған. Зерттеліп жатқан радионуклидтердің меншікті белсенділігін анықтау үшін ауыл шаруашылығы үлгілерінде тексерілген жабдықта, стандартталған әдістемелік нұсқамаларға сәйкес γ-спектрометриялық және радиохимиялық талдаулар жүргізілді [114, 115]. Сынамалар алдын ала талдамаға дайындықтан өткізілді. Гамма-спектрометриялық өлшеу (^{137}Cs, ^{241}Am) ет пен сүттің шикі сынамаларында жүргізілді. Бұл кезде ет қосу-майлы ұлпадан тазартылды да гомогендірілді. ^{90}Sr радионуклидін анықтау үшін

сүт, ет және сүйек ұлпасы кептіріліп, 500 °С температурасында күлденді (сүйек ұлпасы алдын ала сылыну процесіне ұшырады). Әрі қарай, күлді ^{90}Sr изотоптарын радиохимиялық әдіспен бөлуге тапсырылды.

Зертханалық талдау нәтижесінде радионуклидтердің меншікті белсенділігінің мөлшерлік мәндерін ет, сүт, сүйек ұлпасының барлық сынамаларында алынбады. Барлық мәндер пайдаланылған аппаратуралық-әдістемелік қамтамасыз ету кезінде анықтаудың сезімталдық шегінен төмен болды, және нәтижесінде, кестеде берілген мал шаруашылығы өнімдеріндегі радионуклидтердің рұқсатты деңгейлерінен аспайды (2.21-кесте).

Азық-түлік тағамдарындағы $^{239+240}$Pu және ^{241}Am радионуклидтерінің мөлшері нормаланбайды. «Радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз етуге қойылатын санитариялық-эпидемиологиялық талаптар» Гигиеналық нормативтерге сәйкес [48], тағаммен жылдық түсу шегі ^{90}Sr үшін ($^{239+240}$Pu – 2,4×10^{3} Бк/жыл, ^{241}Am – 2,7×10^{3} Бк/жыл, ^{90}Sr – 1,3×10^{4} Бк/жыл) ұқсас мөлшерге қарағанда бір ретке аз, ^{90}Sr салыстырғанда олар бойынша рұқсатты деңгейлер бір ретке аз болады деп болжауға болады. $^{239+240}$Pu және ^{241}Am үшін деректер осы есептеулерден берілген.

2.21-кесте. Мал шаруашылығы өнімдеріндегі радионуклидтер мөлшерінің рұқсатты деңгейлері

Азық-түлік тағамдарының топтары	Радионуклидтердің меншікті белсенділігі, Бк/кг			
	^{137}Cs	^{90}Sr	$^{239+240}$Pu*	^{241}Am*
Ет, ет өнімдері мен сорпалық тағамдар	200	50	5	5
Сүт-шикізат, кілегей-шикізат	100	25	2,5	2,5
Ескерту: *– есептік әдіспен алынған мәндер				

Қорытынды

Сонымен, зерттеп-қарап жатқан аумақта алынатын мал шаруашылығы өнімдеріндегі радионуклидтердің мөлшеріне жүргізілген тәжірибелік бағалау өнім өзінің радиациялық сипаттамалары бойынша тұтыну кезінде қауіптілік тудырмайтынын және «Радиа-

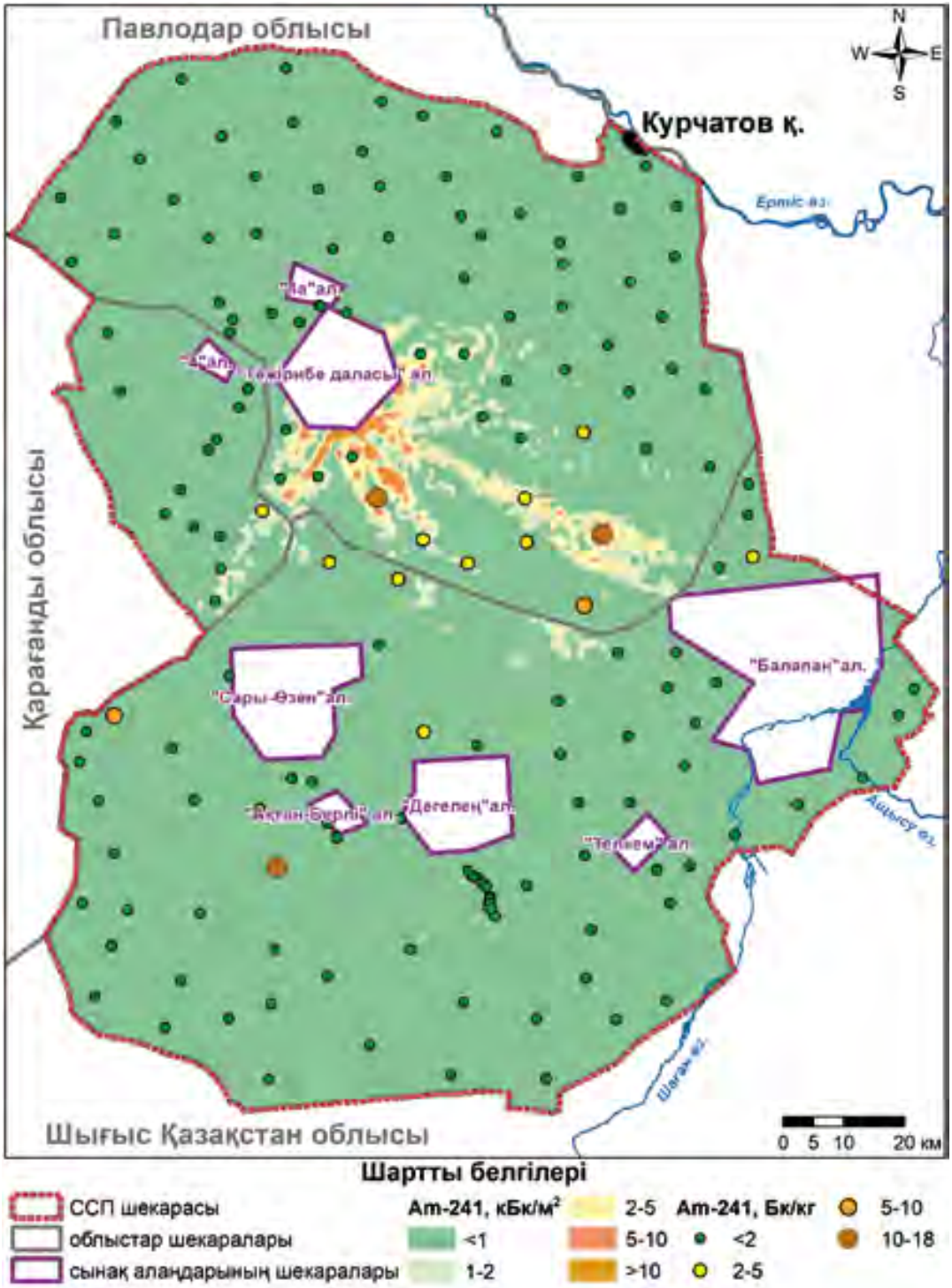
циялық қауіпсіздікті қамтамасыз етуге қойылатын санитариялық-эпидемиологиялық талаптар» Гигиеналық нормативтеріне сәйкес екендігін (^{241}Am және $^{239+240}$Pu радионуклидтері үшін шекті-рұқсатты деңгейлер пайдаланылды, өйткені олардың мөлшері нормаланбайды) көрсетті [48].

Мал шаруашылығы өнімдерінің радиациялық ахуалын есептік әдіспен бағалау

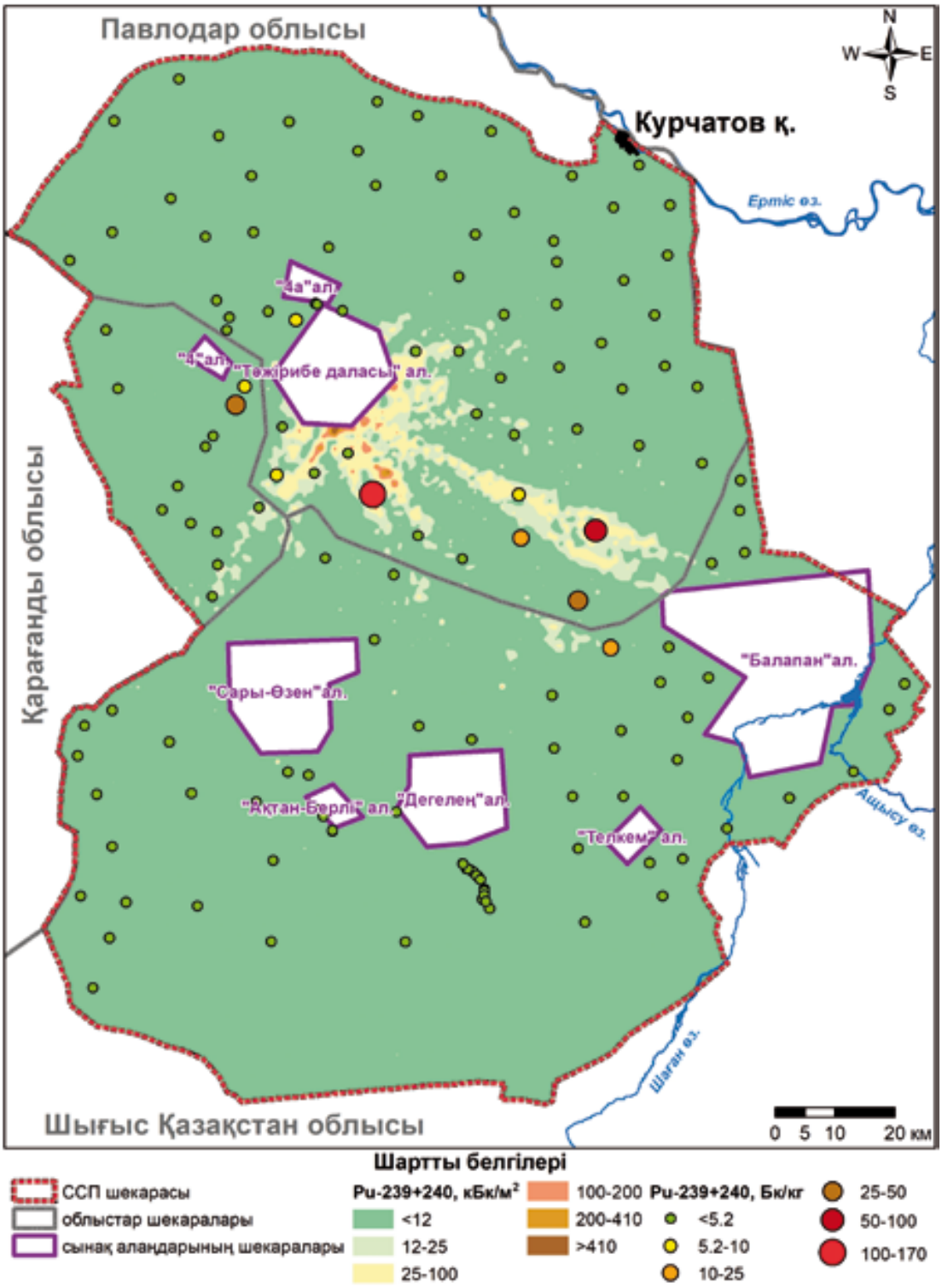
Полигонның көп бөлігінде фермерлік шаруашылықтың болмауына, мал шаруашылығы өнімдерінің талдамаланған үлгілерінде меншікті белсенділіктің мөлшерлік мәндерінің болмауына байланысты ССП бүкіл аумағында мал шаруашылығы өнімдерінің радиациялық ахуалына бағалау жүргізу мүмкін болмағандықтан, мал шаруашылығы өнімдерінің радиациялық ахуалына бағалау қосымша жүргізілді. ССП аумағында іріктелген ірі тұяқты жануарлардың нәжістеріндегі радионуклидтердің меншікті белсенділігін өлшеуге негізделген, болжамнан шығатыны, жануардың мәзіріндегі радионуклидтердің меншікті белсенділігі осы жануарлардың нәжістеріндегі радионуклидтердің меншікті белсенділігіне сәйкес келеді. Яғни, жануарлардың нәжістеріндегі радионуклидтердің меншікті белсенділігі осы жануардың жемшөбіндегі радионуклидтердің меншікті белсенділігіне тең. Бағалау ет-сүт өнімі үшін жүргізілді. Ет өнімі ретінде қойдың еті (қой еті), жылқы еті және сиыр еті, сүт өнімі ретінде зерттеп-қарап отырған аймақта аса көп таралған сиыр сүті таңдап алынды.

Мал шаруашылығы өнімдеріндегі ^{137}Cs, ^{241}Am, ^{90}Sr және $^{239+240}$Pu радионуклидтерінің меншікті белсенділігін есептік әдіспен анықтау Жануарлар әлемінің радиациялық ахуалының 2.9-бөлімінде сипатталған әдістеме бойынша жүргізілген. Сол сияқты 2.9-бөлімде ССП ядролық сынақтар жүргізілмеген аумағында (2.36-сурет, 2.37-сурет) орналасуына байланысты ірі тұяқты жануарлардың нәжістеріндегі ^{137}Cs және ^{90}Sr радионуклидтерінің меншікті белсенділігінің таралу сипаты суреттелген.

ССП аумағы бойынша ірі тұяқты жануарлардың нәжістеріндегі ^{241}Am және $^{239+240}$Pu радионуклидтерінің меншікті белсенділігінің таралуы суреттерде берілген (2.45-сурет, 2.46-сурет).



2.45-сурет. Ірі тұяқты жануарлардың нәжістеріндегі ^{241}Am радионуклидінің меншікті белсенділігі



2.46-сурет. Ірі тұяқты жануарлардың нәжістеріндегі $^{239+240}$Pu радионуклидінің меншікті белсенділігі

Нәжіс сынамаларындағы ^{137}Cs, ^{90}Sr, ^{241}Am және $^{239+240}Pu$ радионуклидтерінің меншікті белсенділігін анықтау үшін тексерілген жабдықта стандартталған әдістемелік нұсқамаларға сәйкес γ-спектрометриялық және радиохимиялық талдаулар жүргізілді [115, 116].

^{137}Cs және ^{90}Sr радионуклидтерімен болған жағдайдағы секілді, ^{241}Am және $^{239+240}Pu$ радионуклидтерінің меншікті белсенділігінің жоғары мәндері сынақ алаңдарына, оның ішінде «Тәжірибе даласы» алаңына тікелей іргелес аумақтарда мекендейтін немесе жайылатын ірі тұяқты жануарлардың нәжістерінде немесе жерүсті жамылғысында радионуклидтердің ядролық сынақтардың іздері түріндегі радиоактивті жауын-шашындардың түсуінен туындаған жоғары меншікті белсенділігі бар аудандарында тіркеледі деп атап өтуге болады. Бұл кезде осы радионуклидтердің, ^{137}Cs және ^{90}Sr болған жағдайдағы сияқты, жоғары меншікті белсенділік мәндері аз. ^{241}Am радионуклидінің меншікті белсенділігі <0,06-18 Бк/кг шектерінде өзгерген кезде орташа мән 0,9 Бк/кг құрады. $^{239+240}Pu$ радионуклидінің меншікті белсенділігі <0,01-170 Бк/кг шектерінде өзгерген кезде оның орташа мәні 3,0 Бк/кг құрады. ССП аумағы, сынақ алаңдарының аумағын қамти отыра, жануарлардың еркін қозғалуы мүмкіндігіне байланысты ірі тұяқты жануарлардың нәжістерінде радионуклидтердің жоғары меншікті белсенділік мәндері бар қандай да бір аумақты бөліп қарау дұрыс емес. Сондықтан мал шаруашылығы өнімдеріндегі радионуклидтердің меншікті белсенділігін есептеу кезінде ірі тұяқты жануарлардың нәжістерінде радионуклидтердің орташа меншікті белсенділік мәндері пайдаланылды (^{137}Cs – 4,9 Бк/кг, ^{241}Am – 0,9 Бк/кг, ^{90}Sr – 22,6 Бк/кг, $^{239+240}Pu$ – 3,0 Бк/кг).

Мал шаруашылығы өнімдеріндегі радионуклидтердің меншікті белсенділігін есептеп шығару мына формула бойынша жасалды:

$$A_{т,і,өнім} = V_{жемшөп} \times A_{т,і,жемшөп} \times K_{п,і,жемшөп},$$

мұнда:

$V_{жемшөп}$ – жемшөпті тәуліктік тұтыну, кг/тәулік;

$A_{т,і,жемшөп}$ – і-лік радионуклидтің күйіс қайырушы жануарлардың нәжістеріндегі меншікті белсенділігі, Бк/кг;

$K_{п,і,жемшөп}$ – і-лік радионуклидтің жемшөптен өнімнің 1 килограммына (литріне) өту коэффиценті.

Өнімдерге радионуклидтердің өту коэффициенттері АТЭХАГ – TRS-472 (F_f – «Feed transfer coefficient») құжатынан алынды [1]. Бағалау зерттеп-қаралып жатқан жер учаскесінде аса кең таралған тұяқты жануарлар (ірі мал, ұсақ мал, жылқы) үшін жүргізілді. Кестеде (2.22-кесте) қой еті, сиыр еті, жылқы еті мен сиыр сүтіне радионуклидтердің өту коэффициенттерінің орташа мәндері берілген.

2.22-кесте. Мал шаруашылығы өнімдеріне радионуклидтердің өту коэффициенттері ($K_{ө,і,жемшөп}$)

Өнім түрі		$K_ө$ жемшөптен өнімнің 1 кг (л)		
	^{137}Cs	^{90}Sr	^{241}Am	$^{239+240}Pu$
Қой еті	$1,9\times10^{-1}$	$1,5\times10^{-3}$	$1,1\times10^{-4}$	$5,3\times10^{-5}$
Сиыр сүті	$4,6\times10^{-3}$	$1,3\times10^{-3}$	$4,2\times10^{-7}$	$1,0\times10^{-5}$
Сиыр еті	$2,2\times10^{-2}$	$1,3\times10^{-3}$	$5,0\times10^{-4}$	$1,1\times10^{-6}$
Жылқы еті	$2,2\times10^{-2}$	$1,3\times10^{-3}$	$5,0\times10^{-4}$	$1,1\times10^{-6}$

Мал шаруашылығы өнімдеріндегі радионуклидтердің меншікті белсенділігін есептеу үшін жемшөпті қойлар мен сиырлардың тәуліктік тұтынуын ($V_{жемшөп}$) 2 кг/тәул және 15 кг/тәул, жылқы еті үшін – 18 кг/тәул тең деп қабылдау қажет [117]. Келтірілген деректердің негізінде мал шаруашылығы өнімдеріндегі радионуклидтердің меншікті белсенділігінің күтілетін мәндері есептеп шығарылған.

2.23-кесте. Мал шаруашылығы өнімдеріндегі радионуклидтердің меншікті белсенділігінің күтілетін мәндері

Өнім түрі	**Радионуклид**	**Орташа**	**Минимум**	**Максимум**	**Рұқсатты деңгей**
Сиыр сүті	^{241}Am	$5,7\times10^{-6}$	$3,8\times10^{-7}$	$1,1\times10^{-4}$	2,5
	^{137}Cs	$3,4\times10^{-1}$	$9,0\times10^{-4}$	67,8	100
	^{90}Sr	$4,4\times10^{-1}$	$3,1\times10^{-3}$	22,8	25
	$^{239+240}$Pu	$4,5\times10^{-4}$	$1,5\times10^{-6}$	$2,6\times10^{-2}$	2,5
Қой еті	^{241}Am	$2,0\times10^{-4}$	$1,3\times10^{-5}$	$4,0\times10^{-3}$	5
	^{137}Cs	1,9	$1,1\times10^{-2}$	172,9	200
	^{90}Sr	$6,8\times10^{-2}$	$3,6\times10^{-4}$	2,8	50
	$^{239+240}$Pu	$3,2\times10^{-4}$	$4,0\times10^{-7}$	$2,9\times10^{-2}$	5
Өнім түрі	Радионуклид	Орташа	Минимум	Максимум	Рұқсатты деңгей
Сиыр еті	^{241}Am	$6,8\times10^{-3}$	$4,5\times10^{-4}$	$1,4\times10^{-1}$	5
	^{137}Cs	1,6	$7,1\times10^{-3}$	95,8	200
	^{90}Sr	$4,4\times10^{-1}$	$1,8\times10^{-3}$	48,8	50
	$^{239+240}$Pu	$5,0\times10^{-5}$	$1,3\times10^{-8}$	$7,7\times10^{-1}$	5
Жылқы еті	^{241}Am	$8,1\times10^{-3}$	$5,4\times10^{-3}$	$1,6\times10^{-1}$	5
	^{137}Cs	1,9	$8,5\times10^{-3}$	115,0	200
	^{90}Sr	$5,3\times10^{-1}$	$2,2\times10^{-3}$	58,5	50
	$^{239+240}$Pu	$5,9\times10^{-5}$	$1,6\times10^{-8}$	$9,2\times10^{-1}$	5
–					

Мал шаруашылығы өнімдеріндегі ^{137}Cs және ^{90}Sr радионуклидтері мөлшерінің рұқсатты деңгейлері «Радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз етуге қойылатын санитариялық-эпидемиологиялық талаптар» Гигиеналық нормативтерде белгіленген [48]. $^{239+240}$Pu және ^{241}Am радионуклидтері мөлшерінің рұқсатты деңгейлері есептік әдіспен алынған. Алынған деректерге сәйкес ет пен сүттегі ^{137}Cs радионуклидінің меншікті белсенділік мөлшерінің максималды мәндері тиісінше 172,9 Бк/кг және 67,8 Бк/кг, ^{90}Sr – 58,5 Бк/кг және 22,8 Бк/кг құрады. Ет пен сүттегі $^{239+240}$Pu радионуклидінің меншікті белсенділік мөлшерінің максималды мәндері тиісінше $7,7\times10^{-1}$ Бк/кг және $2,6\times10^{-2}$ Бк/кг, ^{241}Am – $1,6\times10^{-1}$ Бк/кг және $1,1\times10^{-4}$ Бк/кг құрады.

Қорытынды

Ядролық қару сынақтары жүргізілмеген аумақта алынатын мал шаруашылығы өнімдеріндегі радионуклидтердің мүмкін мөлшерін анықтау ет-сүт өнімі үшін «Радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз етуге қойылатын санитариялық-эпидемиологиялық талаптар» Гигиеналық нормативтерде көрсетілген рұқсатты деңгейлерлерден жоғарылауы күтілмейді (^{241}Am және $^{239+240}$Pu радионуклидтері үшін есептік шекті-рұқсатты деңгейлер пайдаланылды, өйткені олардың мөлшері нормаланбайды) [48].

2.11 Тұрғындарға түсетін дозалық жүктемені бағалау

ССП аумағында қызметтерді реттеу және оңалту шараларын негіздеу аталған аумақта бар және нақты жоспарланатын қандай да бір қызмет нәтижесінде радиациялық қауіпті бағалауды қажет етеді. Бұл үшін адамның полигонда тұруына және шаруашылық қызметін жүргізуіне байланысты алуы мүмкін орташа жылдық тиімді сәулелену дозаларына есептеу жүргізу қажет.

Радиациялық-ластанған аумақтарды тұрғындар мен қоршаған орта үшін ықтимал қауіп деңгейлері бойынша санаттарға бөлу сол сияқты сәулелену дозаларына негізделген. Дозалық тәсіл радиациялық қауіпсіздік сұрақтарын реттейтін негізгі заңнамалық және нормативтік актілерде анықталған [118]. Иондық сәулеленулердің техногенді көздерінен болатын тиімді дозаның орташа жылдық мәні аумақтардың экологиялық ахуалын бағалау критерийлеріне сәйкес, адамның қауіпсіздігін сипаттайтын негізгі критерийлері болып табылады.

Адам ағзасына тыныс алатын ауамен, сумен және тағаммен түсетін жасанды радионуклидтер ССП аумағының радиациялық қауіптілік дәрежесін сипаттайтын тұрғындардың күтілетін тиімді сәулелену дозаларына қосымша үлес қосады.

Дозалық жүктемелерді бағалау кезінде барлық параметрлерді ескеру үшін адамның барлық мінез-құлық жағдайларын анықтау қажет. Яғни, дозаларға объективті бағалау жүргізу үшін осы ау-

мақта өсімдік шаруашылығымен немесе мал шаруашылығымен айналысатын, азық-түлікті өсіріп, жасайтын және тұтынатын адамның мінез-құлқының типтік сценарийін қарастыру қажет. Өсімдік тектес және жануар тектес азық-түлік өнімдері радиоактивті заттектер тікелей адам ағзасына түсуі мүмкін биологиялық тізбектің тағы бір тобы болып табылады. Сондықтан ядролық сынақтардың әсер ету аймақтарында орналасқан елді мекендердің тұрғындары пайдаланатын азық-түлік өнімдерінің радиоактивті заттектермен ластану дәрежесін анықтау радиациялық ахуалдың толық сипаттамасы үшіне қажетті шарт болып табылды.

ССП аумағында тұрған кезде және жергілікті өндірілетін азық-түлікті тұтыну кезіндегі тұрғындардың ішкі сәулелену дозаларын бағалау үшін адам ағзасына тағаммен және сумен бірге түсуі мүмкін радионуклидтердің мөлшерін білу қажет. Долон, Канонерка, Бесқарағай елді мекендерінің тұрғындарымен жүргізілген сауалнама деректері бойынша, сондай-ақ ССП аумағында орналасқан жаздықтар мен қыстаулардың тұрғындары үшін ССП әсер ету аймағында тұратын тұрғындардың тамақтану көлемі мен құрылымы әртүрлі екені анықталды. Сондықтан радионуклидтердің азық-түлік тағаммен түсуінен болған ішкі сәулелену дозаларын бағалау үшін ҚР халқының әртүрлі әлеуметтік топтары үшін негізгі азық-түлікті тұтынудың минималды нормаларынан түсетін жылдық тұтыну мәндері таңдап алынды [119].

Тұрғындардың сәулелену дозалары қоршаған орта объектілеріндегі, ССП аумағында өсірілетін өсімдік шаруашылығы және мал шаруашылығы өнімдеріндегі радионуклидтердің мөлшерін анықтау нәтижелерінің негізінде есептеп шығарылды.

Дозаларды есептеу персонал мен тұрғындарға арналған иондық сәулеленудің тиімді дозаларын анықтау бойынша әдістемелік ұсыныстарға сәйкес есептелді [120]. Есептеулерге арналған бастапқы деректер табиғат ортасының объектілеріндегі радионуклидтер мөлшерінің ауыспалы көрсеткіштері, сол сияқты азық-түлік тағамдары мен суды тұтыну нормалары, тыныс ала-

тын ауа көлемі, радионуклидтердің қоректік тізбектер бойынша өту коэффиценттері мен орташа жылдық шаңдану және тыныс алу қарқындылығы және т.б. секілді тұрақты көрсеткіштер болып табылды.

ССП зерттеп-қаралып жатқан аумағында адамға әсер етуінің ықтимал жолдары келесілер болып табылады:

− топырақтың жербеткі қабатының құрамындағы жасанды радионуклидтердің гамма-сәулеленуінен болған сыртқы сәулелену;

− теріге түскен ластанған топырақтан болған сыртқы сәулелену;

− радионуклидтердің ингаляциялық түсуінен болған ішкі сәулелену;

− зерттеп-қаралып жатқан аумақта өндірілетін азық-түлікпен және сумен радионуклидтердің түсуінен болған ішкі сәулелену;

− ластанған топырақтың пероралды түсуінен әдейі болған ішкі сәулелену.

ССП аумағында өмір сүру және қызметті жүргізу жағдайында тұрғындарға бұрын жүргізілген дозаларды бағалау бета-сәулеленуінен болған сыртқы сәулеленудің, теріге түскен ластанған топырақтан болған сыртқы сәулеленудің, ластанған топырақтың пероралды түсуінен әдейі болған ішкі сәулеленудің жиынтық жылдық тиімді дозасына үлес адамға иондық сәулелену әсерінің барлық қарастырылатын жолдары бойынша жиынтық дозаның кемінде 0,1 %-ын құрайтынын көрсетті [121, 122]. Ластанған топырақпен адам ағзасына радионуклидтердің пероралды түсуінен болған ішкі сәулеленудің күтілетін жылдық тиімді дозасына жүргізілген есептік бағалаулар аталған сәулелену жолдарының топырақтың ластанған бетінен болған сыртқы гамма сәулелену дозасынан 2-4 ретке төмен болатынын көрсетті.

Сонымен, тұрғындарға түсетін күтілетін жылдық тиімді дозаның қалыптасуына негізгі үлесті қосатын сәулелену жолдары, ССП аумағында тұру жағдайларында:

– топырақтың жербеткі қабатының құрамындағы жасанды радионуклидтердің гамма-сәулеленуінен болған сыртқы сәулелену;

– радионуклидтердің ингаляциялық түсуінен болған ішкі сәулелену;

– зерттеп-қаралып жатқан аумақта өндірілетін азық-түлікпен және сумен радионуклидтердің түсуінен болған ішкі сәулелену.

Судағы ^{137}Cs, ^{90}Sr, $^{239+240}Pu$, ^{241}Am және ^{3}H радионуклидтері ССП аумағында негізгі доза құраушы жасанды радионуклидтер болып табылады.

Дозаларды есептеудің жалпы әдістемесі

Жасанды радионуклидтерден түсетін күтілетін жылдық тиімді доза E_{ef} радиациялық әсер ету j-лік факторлары бойынша парциалды дозалардың жиынтығы ретінде беріледі:

$$E_{ef} = E_{\gamma} + E_{inh} + E_{ing}$$

мұнда:

E_{ef} – жасанды радионуклидтерден түсетін күтілетін жылдық тиімді доза, Зв;

E_{γ} – топырақтың жербеткі қабатының құрамындағы жасанды радионуклидтердің гамма-сәулеленуінен болған сыртқы сәулелену дозасы, Зв/жыл;

E_{inh} – радионуклидтердің ингаляциялық түсуінен болған ішкі сәулелену дозасы, Зв/жыл;

E_{ing} – зерттеп-қаралып жатқан аумақта өндірілетін азық-түлікпен және сумен радионуклидтердің түсуінен болған ішкі сәулелену дозасы, Зв/жыл.

Сыртқы гамма-сәулелену дозасы

Жамылғы ретіндегі беткі қабаттан радионуклидтердің сыртқы гамма-сәулеленуінен болған доза жасанды радионуклидтердің алаңдық белсенділігінің мәндері негізінде есептік әдіспен жүргізілді.

$$E_{\gamma} = \sum E_{\gamma i}$$

$$E_{\gamma i} = P_{\gamma i} \times T,$$

мұнда:

E_{γ} – жамылғы ретіндегі беткі қабаттан радионуклидтердің сыртқы гамма-сәулеленуінен болған доза, Зв/жыл;

$P_{\gamma i}$ – тиімді гамма-сәулелену дозасының қуаты, Зв/с;

Т – жыл ішіндегі сәулелену уақыты, с/жыл.

Жер бетінен 1 м биіктіктегі тиімді гамма-сәулелену дозасының қуаты мына теңдеуге сәйкес есептелді:

$$P_{\gamma i} = \sum K_{\gamma i пов} \times A_{Si},$$

мұнда:

$P_{\gamma i}$ – жер бетінен 1 м биіктіктегі тиімді гамма-сәулелену дозасының қуаты, Зв/с;

$K_{\gamma iпов}$ – 1 Бк 1 м^2-ге мөлшеріндегі і-лік радионуклидпен ластану кезіндегі эквивалентті доза қуаты Зв×м^2/(с×Бк);

A_{Si} – і-лік жасанды радионуклидтің алаңдық белсенділігі, Бк/м^2.

2.24-кесте. Сыртқы гамма-сәулеленуден болған дозалық жүктемелерге бағалау жүргізу кезінде пайдаланылатын коэффициент мәндері

Коэффициент		Коэффициент мәндері		
	^{137}Cs	^{90}Sr	$^{239+240}$Pu	^{241}Am
$K_{\gamma пов}$, Зв×м^2/(с×Бк)	2,9×10^{-16}	2,8×10^{-19}	3,6×10^{-19}	1,3×10^{-17}

Радионуклидтердің ингаляциялық түсуі кезіндегі ішкі сәулелену дозасы

Ингаляциялық түсу кезіндегі ішкі сәулелену дозасын есептеу радионуклидтің орташа жылдық көлемді белсенділігінің есептік мәндерінің негізінде топырақтың жербеткі қабатындағы оның мөлшеріне қатысты жүргізілді.

Радионуклидтердің ингаляциялық жолмен түсуінен болған күтілетін тиімді доза мына формула бойынша анықталды:

$$E_{inhi} = \sum q_i \times e_{inhi},$$

мұнда:

E_{inhi} – ағзаға і-лік радионуклидтің ингаляциялық түсу кезіндегі ішкі сәулелену дозасы, Зв/жыл;

q_i – тыныс алу жолы арқылы і-лік радионуклидтің жылдық түсуі, Бк/жыл;

e_{inhi} – ингаляциялық жолмен түсуі кезіндегі і-лік радионуклидтің «Радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз етуге қойылатын санитариялық-эпидемиологиялық талаптар» Гигиеналық нормативтерде берілген дозалық коэффиценті, Зв/Бк, [48].

Жылдық түсудің мөлшері мына теңдеуге сәйкес есептелді:

$$q_i = A_{v,i} \times V,$$

мұнда:

q_i – ағзаға тыныс алу жолы арқылы і-лік радионуклидтің жылдық түсуі, Бк/жыл;

$A_{v,i}$ – ауадағы і-лік радионуклидтің орташа жылдық көлемді белсенділігі, Бк/м^3;

V – жылына тыныс алатын ауаның «Радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз етуге қойылатын санитариялық-эпидемиологиялық талаптар» Гигиеналық нормативтерде берілген көлемі, м^3/жыл [48]).

Зерттеліп жатқан аумақта өндірілетін азық-түлікпен және сумен радионуклидтердің түсуінен болған ішкі сәулелену дозасы

Ас қорыту жолдары арқылы жасанды радионуклидтерден түсуінен болған күтілетін тиімді дозаны есептеу мына формула бойынша анықталды:

$$E_{ingi} = \sum q_{ingi} \times e_{ingi}$$

мұнда:

E_{ingi} – і-лік радионуклидтердің ағзаға пероралды түсуінен болған ішкі сәулелену дозасы, Зв/жыл;

q_{ingi} – і-лік радионуклидтің азық-түлікпен жылдық түсуі, Бк/жыл;

e_{ingi} – і-лік радионуклидтің «Радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз етуге қойылатын санитариялық-эпидемиологиялық талаптар» Гигиеналық нормативтерде көрсетілген ас қорыту жолдары арқылы түсуінің дозалық коэффициенті, Зв/Бк [48].

Жасанды радионуклидтердің жылдық түсуі мәзірдің негізгі азық-түлік тағамдарындағы мөлшері мен осы өнімдерді жылдық тұтыну көрсеткіші бойынша анықталды.

$$q_{ingi} = A_{mi} \times V_p,$$

мұнда:

q_{ingi} – і-лік радионуклидтің азық-түлік тағаммен, сумен жылдық түсуі, Бк/жыл;

A_{mi} – і-лік радионуклидтің р-лік азық-түлік тағамдағы, судағы меншікті белсенділігі, Бк/кг;

V_p – р-лік азық-түлік тағамын, суды жылдық тұтыну, кг/жыл.

Кестеде (2.25-кесте) ҚР Ұлттық экономика министрінің 09.12.2016 жылғы № 503 бұйрығымен бекітілген азық-түлік өнімдерін тұтынудың жанға шаққандағы рационалды орташа нормалары берілген [123].

2.25-кесте. ҚР азық-түлік өнімдерін тұтынудың жанға шаққандағы рационалды орташа нормалары

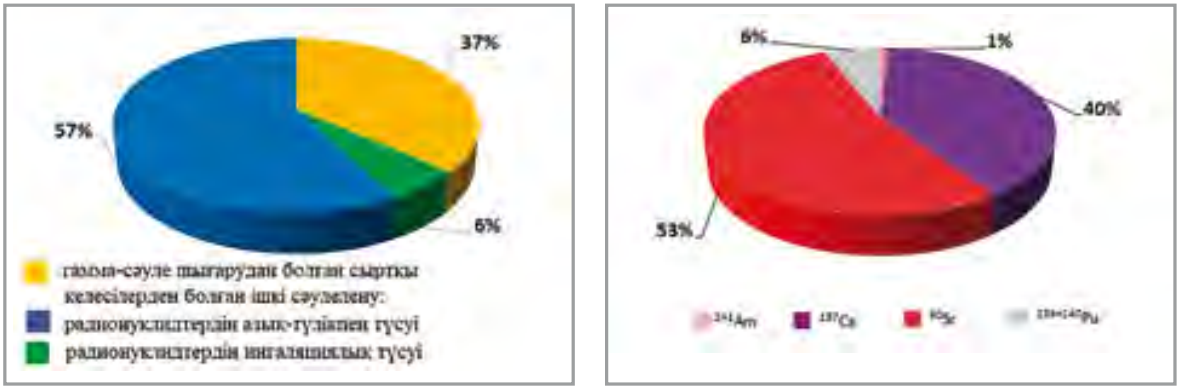
Өнімнің атауы	Су	Сүт және сүт өнімдері	Ет	Нан	Картоп	Көкөністер
Тұтынылатын мөлшері, кг/жыл	730	301*	78,4	109	100	149
*– сиыр сүті, 45 л/жыл құрайды						

Полигон аумағында өмір сүру және қызметті жүргізу жағдайында халықтарға дозалық жүктемелерді бағалау нәтижелері

Дозаларды бағалау бұрынғы әдіс бойынша жүргізілді, бұл дозаларды бағалау кезіндегі максималды көрсеткіштер (радионуклидтердің мөлшері, тұтыну көлемі) және әсер етудің максималды уақытын пайдалануды білдіреді. Дозалар ССП аумағында өмір сү-

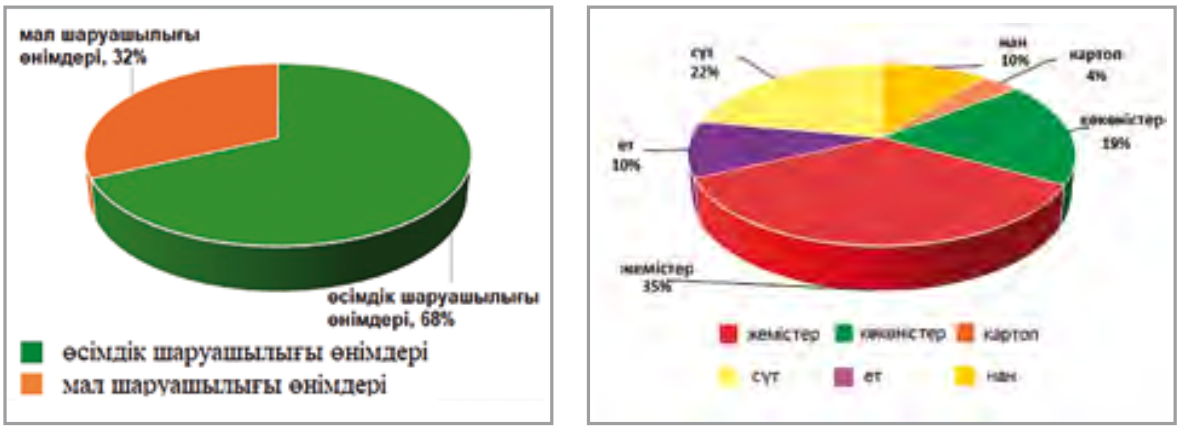
ретін және осы аумақта өндірілетін өсімдік және жануар текстес өнімдерді пайдаланатын шартты ересек адам үшін есептелді. Бір адамға күтілетін жылдық тиімді доза мәндерінің диапазоны 0,02-ден 8,4 мЗв дейін құрады. Дозалардың максималды мәндері сынақ алаңдарына және радиоактивті түсулер іздеріне жақын алынған. ССП қалған аумағында (сынақ алаңдарынан және іздерінен тыс) күтілетін жылдық тиімді доза – 0,3 мЗв кем емес.

Суреттерде (2.47-сурет, а, б) зерттеліп жатқан аумақта өмір сүру және қызметті жүргізу жағдайында тұрғындарға жиынтық күтілетін жылдық тиімді дозаларға жасанды радионуклидтерден негізгі сәулелену жолдарының үлесі көрсетілген.



2.47-сурет. ССП аумағында өмір сүру және қызметті жүргізу жағдайында тұрғындарға жасанды радионуклидтерден негізгі сәулелену жолдарының (а) және негізгі доза құраушы радионуклидтердің (б) жиынтық күтілетін жылдық тиімді дозаларға үлесі

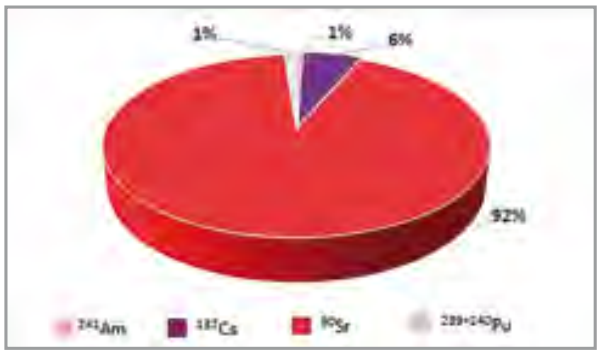
ССП аумағында тұру жағдайында адамға дозалық жүктемеге негізгі үлесті ^{90}Sr радионуклиді негізгі үлесті қосатын азық-түлік өнімімен радионуклидтердің пероралды түсуінен болатын ішкі сәулелену дозалары қосатын болады. Зерттеп-қарап жатқан аумақта өсірілетін және өндірілетін азық-түліктен болатын ішкі сәулелену дозасы жалпы тиімді жылдық дозаның ~57 % құрайды.



2.48-сурет. Пероралды түсуі кезіндегі ішкі сәулеленудің күтілетін жылдық тиімді дозасына өнімнің үлесі

Азық-түлік өнімдерімен түсуі кезіндегі тиімді жылдық дозаға үлес ересек адам үшін өсімдік шаруашылығы өнімінде ~68 % құрайды және мал шаруашылығы өнімінде 32 % құрайды. Пероралды түсуден ішкі сәулелену дозасына аса көп үлес қосатын өнімдердің негізгі санаттары – жеміс-жидектер (35 %), көкөністер (19 %) және сүт (22 %).

Келесі суретте жасанды радионуклидтердің ССП аумағында өсірілетін және өндірілетін азық-түлікті тұтыну кезіндегі ішкі сәулеленудің күтілетін тиімді жылдық дозаға үлесі берілген.



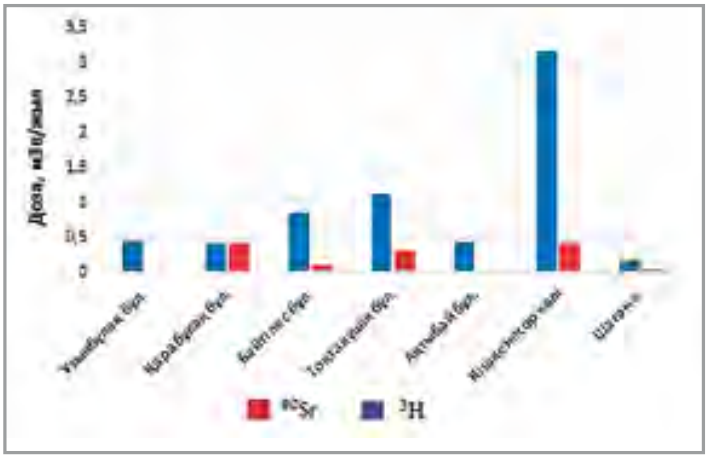
2.49-сурет. Жасанды радионуклидтердің азық-түлікті тұтыну кезіндегі ішкі сәулеленудің күтілетін тиімді жылдық дозаға үлесі

ССП аумағында жербеткі суларының көздері бар – сынақ алаңдарынан алыс арақашықтықта, сондай-ақ олардың шекараларына жақын орналасқан көлдер, бұлақтар мен өзендер (2.6-бөлім Су ортасының радиациялық ахуалы). Жербеткі су тоғандары хи-

миялық параметрлері бойынша (минералдану дәрежесі, қаттылығы, хлоридтердің мөлшері) ішуге және жануарларды суаруға жарамсыз [124]. Алайда бұрынғы тәсіл шеңберінде жербеткі суайдынан сумен радионуклидтердің түсуінен болатын ішкі сәулелену дозалары есептелді.

^{3}H, ^{90}Sr, ^{137}Cs, ^{241}Am және $^{239+240}$Pu радионуклидтердің мөлшерінің деңгейлері сынақ алаңдарынан алыста минималды детектрленетін белсенділіктің мәндерінен төмен тұр және Гигиеналық нормативтерге сәйкес араласу деңгейінен аспайды (2.6-бөлім Су ортасының радиациялық ахуалы) [48]. ^{3}H, ^{90}Sr, ^{137}Cs, ^{241}Am және $^{239+240}$Pu радионуклидтерінің түсуінен болған ішкі сәулелену дозасы осы көздерден 0,09 мЗв құрауы мүмкін. Алайда, жербеткі суайдында ^{3}H және ^{90}Sr радионуклидтерінің жоғары мөлшері бар сынақ алаңдарына жақын орналасқан учаскелер бар (2.6-бөлім Су ортасының радиациялық ахуалы). Мұндай объектілерге «Дегелең» алаңының ауданында орналасқан Кішкенесор көлі мен «Балапан» алаңының ауданында орналасқан Шаған өзенінің аудандарында орналасқан Ұзынбұлақ, Қарабұлақ, Байтілес, Тоқтакүшік және Ақтыбай бұлақтары жатады.

Жасанды радионуклидтердің жоғары шоғырлануы бар суды тұтынудан болған ішкі сәулелену дозасын бұрынғы тәсілмен бағалау нәтижелері суретте берілген (2.50-сурет).



2.50-сурет. ^{3}H және ^{90}Sr жасанды радионуклидтерінің жоғары мөлшері бар суды тұтынудан болған ішкі сәулеленудің күтілетін жылдық дозасы

ССП аумағының сынақ алаңдарына жақын орналасқан жербеткі суайдыны суларынан ^{3}H және ^{90}Sr түсуінен ішкі сәулеленудің күтілетін жылдық тиімді доза 0,2-ден 3,5 мЗв дейінгі диапазонда тұр. Байтілес және Тоқтақүшік, Кішкенесор көлі мен Шаған өзені суларын тұтынудан ішкі сәулеленудің жиынтық сомасына үлесті ^{3}H қосады (~ 90 %). Сынақ алаңына жақын орналасқан жербеткі суайдынының суы ішуге және мал суаруға жарамсыз деп атап өткіміз келеді [125]. Сондықтан аталған түсу жолының ССП аумағында өмір сүру кезіндегі адамға үлесі жиынтық күтілетін жылдық тиімді дозаға ескерілмейді.

Қорытынды:

Адамға күтілетін жылдық тиімді доза мәндері полигонның барлық аумағында 0,02-ден 8,4 мЗв дейінгі диапазонда тұр. Дозалардың максималды мәндері сынақ алаңдарына жақын және радиоактивті түсулер іздерінің аумағында алынған. Адамға түсетін жиынтық дозалық жүктемеге негізгі үлесті радионуклидтердің азық-түлік өнімдерімен түсуінен болған ішкі сәулелену дозасы қосады, мұндағы негізгі доза құраушы радионуклид ^{90}Sr (92 %) мен оның өсімдік шаруашылығы өніміндегі мөлшері болып табылады. Сынақ алаңдарының ауданына жақын орналасқан жербеткі суайдынан аққан сумен радионуклидтердің түсуі жағдайында ішкі сәулелену доза мәндері 0,2-ден 3,5 мЗв дейінгі диапазонда тұр, бұл ҚР белгіленген нормаларға сәйкес араласу деңгейінен асады [48]. ССП аумағындағы жербеткі суайдыны ішуге және мал суаруға жарамсыз [126], аталған суайдынынан ағатын сумен радионуклидтердің түсуінен болатын ішкі сәулелену дозаларын есептеу бұрынғы тәсіл шеңберінде жүргізілді. Алайда аталған суды пайдалану кезінде мүмкін жоғары сәулелену фактісін ескере отыра, радиациялық параметрлердің жоғары мәндері бар жербеткі суайдынына тұрғындар мен үй жануарларының баруын шектеу қажет.

Сынақ алаңдарының шектерінен және радиоактивті түсулер іздерінен тыс күтілетін жылдық тиімді доза мәндері 0,3 мЗв тең араласу деңгейінен және 1 мЗв тең тұрғындарға арналған дозаның «Радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз етуге қойылатын санитариялық-эпидемиологиялық талаптар» Гигиеналық нормативтерімен реттелетін негізгі шектерінен аспайды [48].

Жоғарыда жазылғандардан және адамға күтілетін жылдық тиімді дозаны бағалау нәтижелерін ескере отыра, ССП аумағын шартты түрде 2 аймаққа – дозалық жүктемелердің жоғары мәндері бар (0,3 мЗв артық) аумаққа және дозалардың 0,3 мЗв кем мәндері бар аумаққа бөлуге болады. Дозалық жүктемелердің жоғары мәндері бар аймаққа сынақ алаңдарына және радиоактивті түсулерге жақын (аталған аумақта радиациялық параметрлердің жоғары мәндері бар барлық жербеткі суайдыны орналасқан) аумақ жатады. Бұл аумақтар шаруашылық қызметте пайдалану және халықтың тұруы үшін жарамсыз. Барлық қалған аумақта күтілетін жылдық тиімді доза 0,3 мЗв кем құрайды және ол ықтимал түрде қандай да бір қызметті дамыту немесе тұру үшін пайдаланылуы мүмкін.

2.12 Қосымша зерттеулер

ССП аумағын кешенді радиоэкологиялық зерттеу жүргізу кезінде радиоактивті ластанудың ірі дақтарын анықтауға мүмкіндік беретін 1×1 км қадаммен топырақтың беткі қабатының сынамаларын іріктеп алудың тегіс торшасы қолданылды. Алайда, мұндай қадам кезінде, радиоактивті ластанудың оқшау учаскелерін өткізу мүмкіндігі бар. Әдетте, ластанудың ұқсас учаскелері техногенді пайда болу объектілеріне (ұңғымалар, көмбелер, штольнялар және басқалары) орайластырылған. Жергілікті жерді жіті зерттеу және техногенді пайда болуы мүмкін, ядролық сынақтарды жүргізілген уақыттан бастап қалған, сондай-ақ полигон жабылған соң рұқсатсыз қызмет нәтижесінде пайда болған радиациялық-қауіпті объектілерді сәйкестендіру мақсатында ғарыш-

тық түсірілімдерді дешифрлеу бойынша жұмыстар орындалды. Ғарыштық түсірілімдерді дешифрлеу сынамаларды іріктеу торшасының болжамды «кемшіліктерін» жабады, бұл өз кезегінде жалпы алғанда ССП аумағының болжамды кешенді экологиялық зерттеп-қарау мүмкіндіктерін көп кеңейтеді.

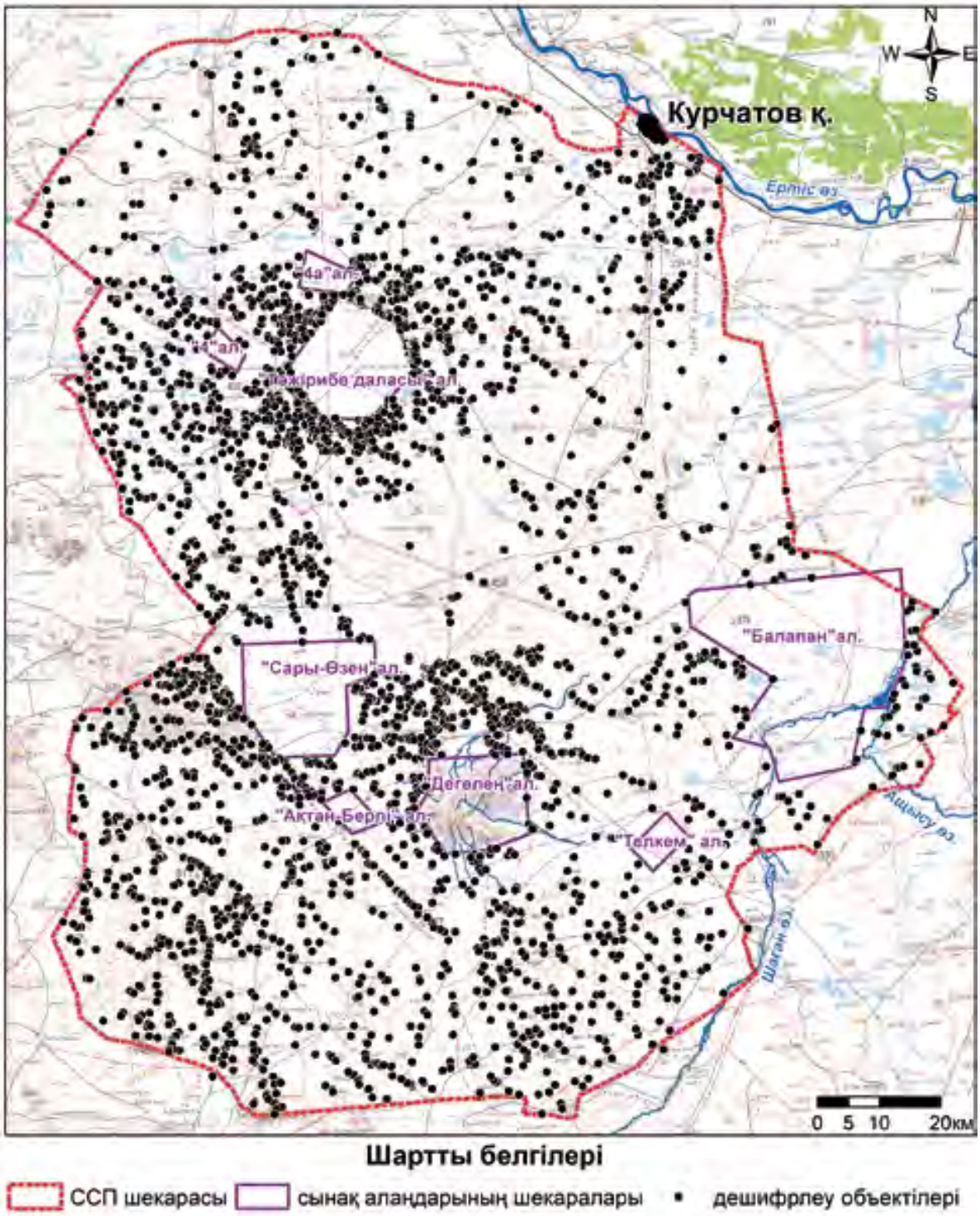
Зерттеп-қарап жатқан аумақтың үлкен өлшемдерін ескере отыра, аздаған өлшемдері бар техногенді сипаттағы объектілерді анықтауды жергілікті елде тікелей іздеумен орындау мүмкін емес. Техногенді пайда болған болжамды радиациялық-ластанған объектілерді анықтау үшін 2 негізгі кезеңді қамтыған арнайы әзірленген әдіснама қолданылды:

− камералдық жұмыстар – жоғары рұқсатты ғарыштық түсірілімдерді пайдаланумен техногенді объектелерді анықтау;

− далалық жұмыстар – анықталған техногенді объектелерді көзбен шолу және оның радиациялық параметрлерін өлшеу.

Дешифрлеудің визуалды әдіс технологиясы ғарыштық түсірілімдердің тиісті үзінділері бар негізгі учаскелер (эталондар) туралы қол жетімді ақпаратты (картографиялық және мұрағаттық материалдар) салыстыруға негізделеді. Аталған көздерден алынған мәліметтерге дешифрлеу белгілеріне негізделе отыра, соңынан оларды ССП шолу картасына енгізуімен техногенді пайда болған объектілер визуалды дешифрлеу жүргізілді.

Дешифрлеу бойынша жұмыстарды орындау үшін бастапқы материалдар болып әртүрлі картографиялық сервистерден алынған максималды қол жетімді рұқсаты бар (Bing Maps, Google Maps және Яндекс Карталар) ғарыштық түсірілімдер пайдаланылды. Орындалатын жұмыстардың тиімділігін ұлғайту үшін барлық алынған ғарыштық түсірілімдер тиісті масштабтың (1:25 000, 1:50 000 және басқ.) карталар номенклатурасы бойынша топталды.



2.51-сурет. Камералды дешифрлеу нәтижелері

Орындалған жұмыстардың нәтижелері бойынша ССП аумағында техногенді пайда болған шамамен 4000 объект анықталды. Анықталған объектілерге жіті толық каталог құрастырылған, мұн-

да көрсетілгендер: анықталған объектілердің ғарыштық түсірімдердегі орналасу сұлбасы мен оның суреттемесі, реттік нөмірі мен географиялық координаталары.

Далалық жұмыстарды жүргізу кезінде техногенді пайда болған объектілерді визуалды бағалау ғарыштық түсірімдердің жергілікті жермен қосылуында жатыр. Бұл тәсіл объектілерді дешифрлеу нәтижелерінің толықтығын, сапасы мен шынайылығын қамтамасыз етеді.

Объектілерді далалық дешифрлеу келесі кезеңдерді қамтиды:

− камералдық дешифрлеу нәтижелері бойынша анықталған объектілерге жол жүру;

− объектіні визуалды зерттеу және суреттеу (өлшемі, пайда болуы (техногенді немесе табиғи), ерекше белгілері, сондай-ақ сапалы және/немесе мөлшерлік сипаттамалары);

− географиялық координаталарын нақтылау;

− объектіні фотосуретке түсіру;

− радиациялық параметрлерін – экспозициялық доза қуатын (ЭДҚ) және бета-бөлшектер ағын тығыздығын өлшеу;

− каталогтағы ақпаратты жаңарту.

Дешифрлеу объектілерін визуалды зерттеу кезінде ықтималды радиациялық-ластанған объектілерге антропогенді қызмет нәтижесінде пайда болған объектілер жатады:

− визуалды түрде жарылыстан болған қазаншұңқырды елестетін шұңқырлар;

− ұзаққа созылған жер ойықтары (траншеялар);

− химиялық, физикалық немесе биологиялық жабдықтармен, ыдыстармен, зертханалық материалдармен, ыдыстармен немесе олардың сынықтарымен ұқсастығы бар заттар табылған объектілер.

Полигон аумағындағы шаруашылық қызметінің нәтижесінде пайда болған барлық анықталған объектілер радиациялық-ластанған болып табылмайды.

Ғарыштық түсірілімдердің бір уақыттағы талдауымен қоса жүретін ССП аумағын зерттеп-қарау процесінде, бірқатар жағдайларда, сынақ алаңдарынан тыс, ауыр техниканың жұмыс іздері байқалған учаскелер атап өтілді, бұл кезде радиациялық фон жергілікті жердің жалпы ластану суретіне кірген жоқ. Визуалды мұндай учаскелер, әдетте, ауысқан құмтопырақ сызықтары, топырақпен жабылған траншеялардың параллель сызықтары, қазаншұңқырлардың таза құмтопырақпен жабылу іздері, немесе, жай ғана жер ойықтары ретінде беріледі.

Алынған нәтижелер бойынша бірнеше объектілер анықталған болатын. Объектілердің бірі ССП аумағының солтүстік бөлігінде орналасқан. Курчатов қ. шамамен 15 км ара қашықтықта орналасқан аталған көмбе өнеркәсіптік қызмет қалдықтарының жербеткі көму учаскесі ретінде берілген. Радиоактивті материалдарды көму учаскесі периметр бойынша сыммен қоршалған және сыртқы жағынан – ормен қоршалған. Қазіргі уақытта ор толықтай бұзылған. Учаскені зерттеп-қарау кезінде 4 жасанды үйінді мен 3 көмбе анықталды, олардың айналасында белгісіз ыдыстардың алюминий қақпақтары, противогаздардың алмастырғыш сүзгілері, металл торлар мен контейнерлер, ірі мал мен ұсақ малдың сүйектері болды [127].

2.52-сурет. ССП аумағының солтүстік бөлігіндегі көмінді

Барлық көмбелерден аздаған ара қашықтықта жабу қақпағы жоқ, біраз бұзылған, болжам бойынша радиоактивті материалдарды сақтауға арналған металл контейнер табылды. Контейнердің мойнынан 40 см ара қашықтықта келесі параметрлері бар радиоактивті ластанудың сәйкестенуі бар: ЭДҚ мәні – 160 мкЗв/сағ, бета-бөлшектер ағын тығыздығы – шамамен 10 000 бөлш/(см^2×мин) [128].

«Тәжірибе даласы» сынақ алаңының солтүстік-шығыс бөлігінде «М-3» деп аталатын көмінді табылды, ол траншеялық типті көмінді бар тікбұрышты алаң ретінде берілген. Үйілген құмтопырақтың қабатының астында, 10 см және одан көп тереңдікте радиациялық-ластанған материалдар табылған [128].

Аталған объект периметр бойынша тікенек сым мен орлардан тұратын жасанды қорғау кедергісімен қоршалған.

2.53-сурет. «М-3» көміндісі

ССП аумағының оңтүстік-шығыс бөлігін зерттеп-қарау кезінде «Дегелең» сынақ алаңының шығыс шекарасынан 5 км жерде техногенді пайда болған өнімдерді көму іздері бар көмінді табылды. Аталған типтегі басқа да объектілері сияқты анықталған көмінді сақтандыру сипатындағы тақтайшасы бар тікенек сыммен қоршалған. Көміндінің аумағында бетон қабырғаларының қалыңдығы 50 см-ге дейін болатын, 2 қатармен, әрқайсысында 20 ұяшықтан келетін 40 тікбұрышты шұңқыр (ұяшықтар) бар. Ұяшықтарда әртүрлі техногенді бұйымдар болды (металл ыдыстар, пластмасс бокстардың қалдықтары және т.б.). Алғашында, ұя-

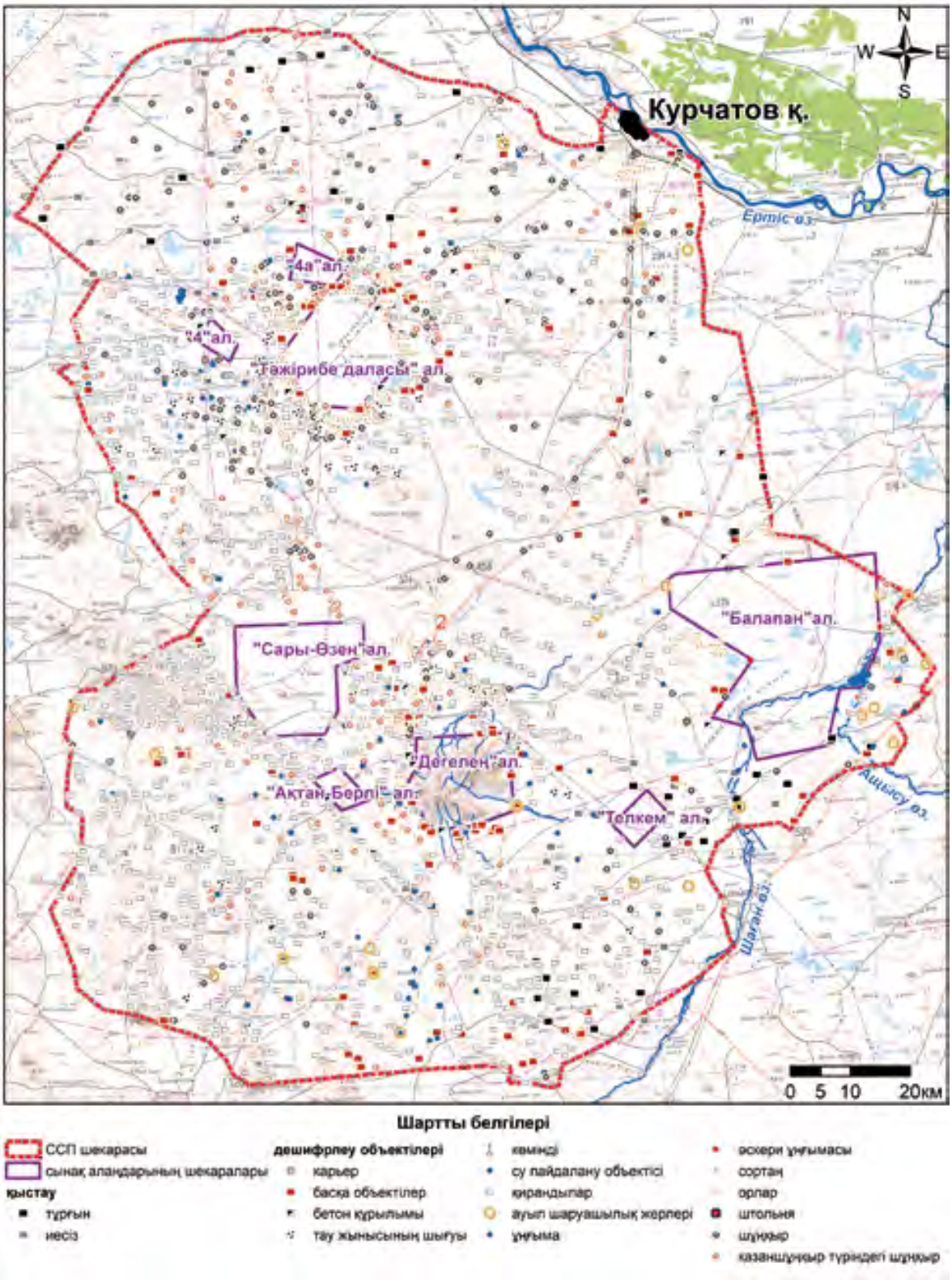
шықтар бетон плиталармен жабылып, топырақпен көмілген болды, алайда, дешифрлеу жүргізу кезінде ұяшықтардың бір бөлігі аршылғандығы анықталды. Объектінің радиациялық параметрлерін өлшеу кезінде ЭДҚ мен бета-бөлшектер ағын тығыздығының жоғарылауы анықталған жоқ [129].

2.54-сурет. ССП оңтүстік-шығыс бөлігінің аумағындағы көмінді

«Дегелең» сынақ алаңының шығыс шекарасынан шамамен 100 м ара қашықтықта техногенді пайда болған өнімдерді көму бар ұқсас көмінді табылды. Дешифрлеу жүргізу кезінде аталған объектінің қоршауы болмады.

Дешифрлеу бойынша жұмыстар жүргізген соң объектілер негізгі, аса жиі кездесетін сипаттамалары бойынша топтастырылды: бұзындылар, траншеялар, қазаншұңқыр түріндегі шұңқырлар, қыстаулар, супайдалану объектілері, карьерлер, бетон құрылыстар, сор және ССП аумағында олардың орналасу карталарын құру үшін су мониторингі бекеттері. Пайдалануы анықталмаған объектілер «басқалар» ретінде белгіленді.

Жоғарыда айтылғандардан шығатыны, сынақ алаңдарынан тыс радиациялық қауіп төндіретін объектілер бар деген қорытынды жасауға болады, олар жүргізілген жұмыстардың нәтижесінде дешифрленген және ССП аумағының радиациялық-ластанған объектілерінің каталогына енгізілген.



2.55-сурет. ССП аумағын дешифрлеу нәтижелері

3-БӨЛІМ. СЫНАҚ АЛАҢДАРЫНЫҢ РАДИАЦИЯЛЫҚ ЛАСТАНУЫ

3.1 Зерттеп-қарау әдіснамасы

Полигон жабылған соң жекелеген, аса ірі немесе қасақана радиоактивті-ластану объектілерінің радиациялық параметрлері туралы ақпаратты жинау дереу басталды. Әрі қарай, зерттеп-қарау сынақ алаңдарының бүкіл аумағында жүзеге асырылды.

Алғашқы ірі жұмыстар 90-шы жылдардың соңында, «Дегелең» алаңын зерттеп-қарауға орайластырылған. Бұл алаңға ерекше қызығушылық ядролық зарядтардың көп материалына ашық қол жеткізудің болуымен басталды, бұл радиациялық қауіпсіздік тарапынан күрделі қатерді білдірді. «Дегелең» алаңын радиациялық зерттеп-қарау бойынша жүргізілген жұмыстардың негізінде үлкен көлемдегі деректер және сол уақыттағы алаңдағы радиациялық ахуал туралы алғашқы ақпарат алынды.

2000 жылдан 2007 жылға дейінгі кезеңде ССП сынақ алаңдарына әртүрлі зерттеулер жүргізілді, олардың нәтижелері бойынша алаңдардың аумағында радиациялық ахуал туралы алғашқы түсінік пайда болды, бірақ ақпарат ішінара үзілген болды, өйкені зерттеулерді орындаудың бірыңғай жүйесі болған жоқ, бірқатар жағдайларда, ақпарат соңғы болған жоқ. Аталған фактіні ескере отыра, сондай-ақ радиоактивті материалдарды сынақ алаңдарынан тыс шығару мүмкіндігіне бағалау жүргізу қажеттілігін ескере отыра, полигонның сынақ алаңдарына, топырақ-өсімдік жамылғысын, су ортасын, ауа бассейні мен фаунаны қоса алғанда, мұқият және жүйелі түрде зерттеу қажеттілігі туралы сұрақ туындады, оларды бірлесе зерттеу қолданыстағы радиоэкологиялық жағдайды аса нақты бағалауға және оны дамытуды болжамды бағалауды орындауға қабілетті.

Аса үлкен жербеткі радиациялық ластануымен сипатталатын «Тәжірибе даласы» алаңы аталған тәсіл қолданылған алғашқы алаң болды. Зерттеп-қараудың өзі бірнеше кезеңмен жүзеге

асырылды. Бірінші кезекте радиоактивті ластанудың алаңдық таралуына жалпы бағалау жүргізілді. Бұл үшін барлық бар техногенді және табиғи объектілерді анықтау үшін жергілікті жерді дешифрлеу жүргізілді, радиометриялық түсірілім және 500×500 м торшасы бойынша топырақ сынамаларын жербеткі іріктеп алу қолданылды. Аталған тәсіл жербеткі топырақ ластануының сипатын анықтауға, негізгі жасанды радионуклидтердің жоғары мәндері бар жерлерді анықтауға, бар су объектілерін анықтауға мүмкіндік берді.

Зерттеп-қарауды жүргізу барысында радиоактивті ластану пайда болуының әртүрлі механизмдері бар объектілердегі радиациялық ахуал туралы ақпаратты алу кезінде зерттеудің жаңа әдістерінің даму қажеттілігі туындады. 2012 жылы радиоактивті ластану карталарының жітілігін жоғарылатуға мүмкіндік берген жаяу гамма-спектрометриялық түсірілім алғаш рет орындалды.

Әдістің мән-мағынасы географиялық координаталарды бір уақытта тіркей отыра, қозғалыстың берілген торшасы бойынша үздіксіз жаяу гамма-спектрометриялық түсірілім жүргізуде болды.

Алдын ала, барлық зерттеліп-қаралып жатқан аумақ жан-жағынан 500×500 м болатын секторларға бөлінді, оларға бейіндер арасы 20 м арақашықтықта «оператордың» қозғалысының бейіндерінің торшасы жасалды. Бейіндер арасындағы қабылданған ара қашықтық радиоактивті түсулер іздерінің табылуына іс жүзінде кепілдік берді, сондай-ақ алаң бойынша салыстырмалы аздаған радиоактивті-ластану учаскелерінің (20×20 м), бұл аталған түсірілімнің мақсатына сәйкес келді. Гамма-түсірілім жүргізетін «оператор», жерсеріктік бағыттаушы құралды пайдалана отыра, 1-2 км/сағ үздіксіз жылдамдықпен бейіндер бойымен бағдар бойынша жылжып отырды. Детектор «оператордың» денесінде күндізгі жер бетінен 0,5 м биіктікте бекітілді. «Оператор» бейіндер бойымен қозғалған кезде үздіксіз гамма-спектрлер жиналуы жүзеге асырылды. Бір гамма-спектр жинау уақыты 10 с құрады. Координаттық қосылу және спектрометриялық деректер жазба-

сы ықшам компьютерде (ноутбукте) сақталуымен автоматты түрде жүзеге асырылды. Сосын алынған гамма-спектрлерді өңдеу жүргізілді, оның нәтижесі бойынша зерттеліп-қаралып жатқан аумақтың радиоактивті ластану карталары құрылды. Алаңдық зерттеудің аталған әдісінің ерекшелігі алынған гамма- спектр «нүктені» емес, координаталарды (жазбаларды) тіркеу нүктелерінің арасында орналасқан учаскені сипаттайды, яғни спектрлерді жинау бір нүктеден екіншісіне дейін қозғалу кезінде 10 с ішінде жүргізілген.

Екінші кезеңде өсімдік жамылғысын, ауа және су ортасын, фаунаны, сондай-ақ топырақ бейіні бойынша радиоактивті ластану сипатын зерттеу жүзеге асырылды. Аталған зерттеулер адамға болжамды дозалық жүктемені анықтауға мүмкіндік берді.

Жұмыстар нәтижесінде «Тәжірибе даласы» алаңында ССП сынақ алаңдарын зерттеп-қараудың негізгі тәсілі қалыптастырылды. Әрине, басқа алаңдарды зерттеп-қарау кезінде әрі қарай зерттеу әдістемесі жергілікті жерге немесе жүргізілген сынақтарға байланысты өзгерістерге ұшырады. Оның ішінде, жерасты ядролық сынақтарын ұңғымаларда жүргізу үшін пайдаланылған «Балапан» және «Сары-Өзен» алаңдарында маңызды аспектілердің бірі жерасты суларын зерттеп-қарау болды.

3.2 Алынған нәтижелердің сипаттамасы

Жүргізілген жұмыстардың нәтижесінде деректердің қомақты массиві алынып, талданды. ССП зерттеп-қарау барысында барлық алаңдардың күндізгі жер бетіндегі радиоактивті ластануы бар емес деген факт анықталды. Мысалы, «Ақтан-Берлі» алаңында жербеткі радиоактивті ластану анықталған жоқ. Әр алаң үшін алаңның орналасуы мен сынақ түріне байланысты өзіндік сипаты бар. Бірқатар жағдайларда техногенді радионуклидтердің жоғары мөлшері бар жерлер ауданы бірнеше шаршы метр болатын оқшау учаске ретінде, ал жекелеген жағдайларда – бірнеше ондаған километрге созылып жатқан радиоактивті із ретінде берілген. ССП

сынақ алаңының аумағында ағымдағы радиоэкологиялық жағдайдың толық суретін алу үшін оларды жеке қарастыру қажет, бұл кезде алаңдар қатары жүргізілген сынақтардың ұқсастық және қалыптастырылған радиоактивті ластану себебі бойынша бірлесе қарастырылған («4» және «4А» алаңдар).

«Тәжірибе даласы» алаңы

ССП алғашқы сынақ алаңынан бастаған дұрыс, онда 1949 жылдан бастап 1962 жылға дейінгі кезеңде атмосфералық (жерүсті және әуе) ядролық сынақтары жүргізілді. Аса маңызды оқиғаларға 29.08.1949 жылы (22 кт), 24.09.1951 жылы (38 кт), 12.08.1953 жылы (400 кт) жүргізілген жерүсті сынақтары жатады, олардың салдарынан «Тәжірибе даласы» алаңынан, сол сияқты полигонның аумағынан тыс шыққан радиоактивті ластану іздері пайда болды.

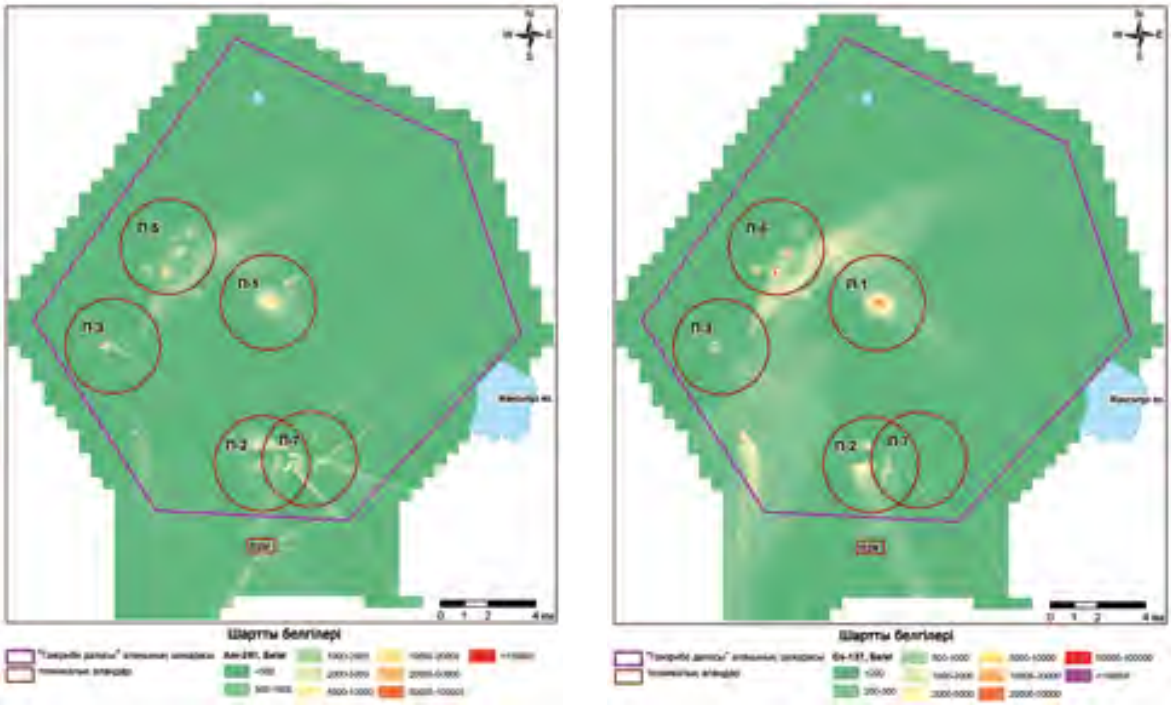
Зерттеулер нәтижелері алаңдағы елді мекеннің радиоактивті ластануы әрқашан емес, сынақтарды жүргізу орындарына – эпицентрлер мен эпицентралды аймақтарға, сондай-ақ жүргізілген сынақтардан радиоактивті түсулер іздеріне тікелей орайластырылған.

Барлық сынақ жүргізілген орындарды шартты түрде үш топқа бөлуге болады:

1) Ядролық жарылыстың бөліну өнімдерінің (^{137}Cs, ^{90}Sr) көп мөлшерінің бар болуымен сипатталатын үлкен энергия бөлінуі бар ядролық сынақтарды жүргізу орындары;

2) айрықша ерекшелігі заряд материалының ($^{239+240}Pu$, ^{241}Am) жоғары шоғырлануы болып табылатын ядролық энергия бөлінудің аз болуы немесе толық болмауы бар ядролық тәжірибелердің орындары;

3) нейтрондық активация өнімдерінің (^{60}Co, Eu, ^{3}H изотоптары және т.б.) көп мөлшері тән нейтронды ағынның жоғары (қарқынды) мөлшері бар сынақтар жүргізу орындары.



а) б)

3.1-сурет. «Тәжірибе даласы» алаңының аумағында таралу картасы: а) ^{241}Am; б) ^{137}Cs

«Тәжірибе даласының» техникалық алаңдары (П-1, П-2, П-3, П-5), сондай-ақ «Тәжірибе даласына» тікелей жақын және оған іргелес, әртүрлі атмосфералық сынақтар және, сәйкесінше, осы сынақтармен қалыптасқан радиоактивті ластану сипаты ерекшеленуі мүмкін П-1 техникалық алаңы – ең алғашқы ядролық сынақтарды өңдеу орны, оларды жүргізу кезінде полигонның аумағынан тыс шығатын 3 ірі радиоактивті із қалыптасқан. Осыған қарамастан, радиоизотоптардың негізгі бөлігі нақты осы эпицентралды аймақта шоғырланған. ^{241}Am үшін топырақтағы меншікті белсенділік диапазоны <1,8-ден 7,9×10^{4} Бк/кг дейін, ^{137}Cs – <2-ден 1,2×10^{5} Бк/кг, ^{90}Sr – <2-ден 1,6×10^{5} Бк/кг дейін, $^{239+240}$Pu – 28-ден 1,8×10^{5} Бк/кг дейін.

П-2, П-7 және П-2М техникалық алаңдары жерүсті ядролық сынақтарды өңдеу үшін, сондай-ақ үлгілі ядролық-жарылыстық емес тәжірибелерді жүзеге асыру үшін пайдаланылды. Оларды жүргізу кезінде химиялық жарылғыш заттектен жасалған қаптаманың

көмегімен бөлгіш ядролық заттектің жарылыстық соншалықты қысылуы қамтамасыз етіледі, ол кезде ядролық заряд материалы өзінің механикалық мықтылығын жоғалтады және өзін сұйықтық секілді ұстай бастайды. Аталған тәжірибелерді жүргізу кезінде диспергирлеуге (шашыратуға) ядролық заряд материалы (уран немесе плутоний) ұшырады. Белгілісі, ұқсас сынақтар салыстырмалы түрдегі кішігірім аумақта топырақ жамылғысының үлкен радиоактивті ластануын қалыптастыруға тиіс болатын. Зерттеліп-қаралып жатқан алаңдардағы өлшенген топырақ сынамаларының зертханалық деректері негізінде ^{241}Am/^{137}Cs ара қатынастары анықталған, оның көрсеткіші бірқатар жағдайларда 1700 жеткен, бұл өз кезегінде ядролық реакцияны іске асырудың төмен шоғырлануы бар ядролық құрылғыларды жүргізу туралы немесе ядролық-жарылыстық емес тәжірибелердің жүргізілгендігі туралы растайды. ^{241}Am үшін топырақтағы меншікті белсенділік диапазоны <1,0-ден 7,9×10^{6} Бк/кг дейін, ^{137}Cs – <1,0-ден 2,1×10^{5} Бк/кг дейін, ^{90}Sr – <2-ден 4,3×10^{6} Бк/кг дейін, $^{239+240}$Pu – <1,0-ден 1,5×10^{8} Бк/кг дейін құрады.

П-3 және П-5 техникалық алаңдары қуаты әртүрлі әуе және жерүсті ядролық сынақтарды жүргізу үшін (П-3 – кіші және орташа қуат ядролық бомбалардың әуедегі сынақтары, П-5 – қуаты аз бомбалардың жерүсті сынағы мен қуаты орташа және үлкен ядролық бомбалардың ядролық бомбаның әуедегі сынақтары). Мұндай тәжірибелердің нәтижесінде техникалық сынақ аумағы ядролық заряд материалдарымен, сол сияқты бөліну өнімдерімен қатты ядролық ластануға ұшырады. Жерүсті сынақтарын жүргізу орындарында топырақ үйінділері мен құрамында ядролық жарылыс өнімдері бар балқыма топырақ үзінділері қазаншұңқырлар бар. ^{241}Am үшін топырақтағы меншікті белсенділік диапазоны <1,0-ден 7,9×10^{7} Бк/кг дейін, ^{137}Cs – <1,0-ден 3,4×10^{5} Бк/кг дейін, ^{90}Sr – <2-ден 2,8×10^{5} Бк/кг дейін, $^{239+240}$Pu – <1,0-ден 2,1×10^{6} Бк/кг дейін құрады.

Өсімдік жамылғысын қарастыру кезінде барлық техникалық алаңдардың аумағы $^{239+240}$Pu және ^{241}Am трансуранды радионуклидтердің салыстырмалы жоғары мөлшерімен, сол сияқты ^{137}Cs және ^{90}Sr бөліну өнімімен сипатталады деп атап өтуге болады. ^{241}Am үшін меншікті белсенділік диапазоны <0,3-ден 5,3×10^{2} Бк/кг дейін, ^{137}Cs – 2,1-ден 1,0×10^{2} Бк/кг дейін, ^{90}Sr – 11-ден 2,0×10^{3} Бк/кг дейін, $^{239+240}$Pu – <1,8-ден 9,5×10^{3} Бк/кг дейін құрады.

«Тәжірибе даласы» алаңының ауа ортасында $^{239+240}$Pu радионуклидінің максималды шоғырлануы сынақтардың эпицентрлерінде тіркеледі, олар 1,1×10^{-2} және 1,6×10^{-2} Бк/м^{3} жетеді, бұл «Радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз етуге қойылатын санитариялық-эпидемиологиялық талаптар» Гигиеналық нормативтерде белгіленген РКБ$_{халық}$ 3 есе асады [48]. ^{241}Am, ^{137}Cs және ^{90}Sr жасанды радионуклидтерінің ауа ортасында шоғырлануы пайдаланылатын аппаратуралық-әдістемелік қамтамасыз етудің анықтау шегінен төмен тұр.

«Дегелең» алаңы

Жоғарыда аталғандай, 1949 жылдан бастап 1962 жылға дейін, негізінен, «Тәжірибе даласы» сынақ алаңының аумағында ғарышта, ауада және суда ядролық сынақтарды жүргізуге тыйым салу туралы халықаралық келісімшарт күшіне енгеніне дейін де атмосфералық сынақтар жүргізілді [31]. Келісімшартты қабылдау және атмосфералық ядролық жарылыстарға мораторийдің күшіне ену нәтижесінде барлық сынақтар жерастында жүргізілетін болды. КСРО-дағы жерасты ядролық сынағы жүргізілген ең алғашқы алаң «Дегелең» болды. Сынақ 1961 жылы 11 қазанда № В-1 штольнясында жүргізілді (қуаты 1 кт).

«Дегелең» алаңын радиоэкологиялық зерттеу алаң аумағының үлкен бөлігінің радиоактивті ластануы жоқтығын көрсетті, өйткені ядролық сынақтар процесінде жинақталған радиоактивтіліктің негізгі үлесі (90 % артық) штольнялардың қуыстарында шоғырланған. Алайда қоршаған ортаның объектілерінде (топырақ, су,

өсімдік) радионуклидтердің жоғары шоғырлануымен учаскелер бар. Мұндай учаскелер, негізінен, үш жолмен қалыптасқан:

1) ядролық сынақтарды жүргізу кезіндегі штаттан тыс жағдайлар;

2) сынақтарды жүргізуден соң штольняларды ашу;

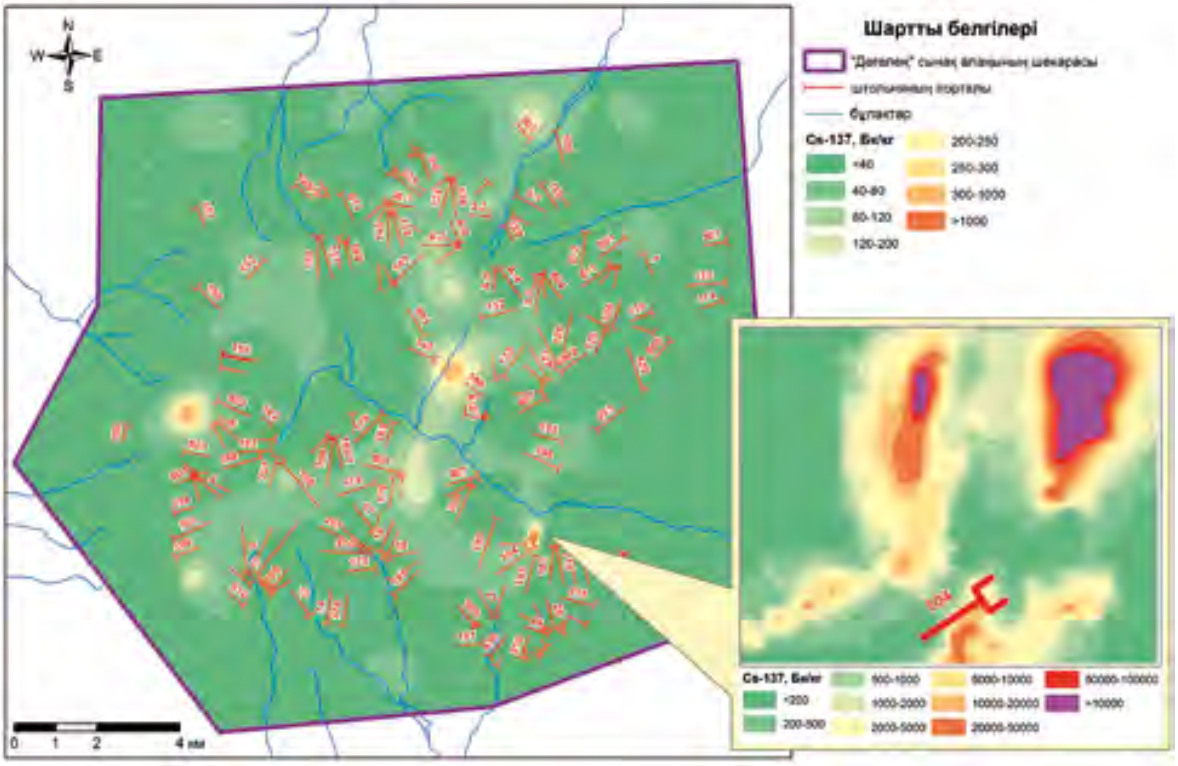
3) су жолымен штольнялардың қуыстарынан радиоактивтілікті шығару.

Радиоактивті ластану, әдетте, штольнялардың порталдарына жақын, күндізгі жер бетіне су ағындарының шығуының айналасында максималды мәндерге жетеді. Порталалды алаңнан алыстаған сайын жергілікті жердің ластануы азаяды. ^{241}Am үшін топырақтағы меншікті белсенділік диапазоны <0,3-тен 5,4×10^{6} Бк/кг дейін, ^{137}Cs – <0,1-ден 3,1×10^{6} Бк/кг дейін, ^{90}Sr – <0,2-ден 3,7×10^{6} Бк/кг дейін, $^{239+240}$Pu – <1,0-ден 4,8×10^{5} Бк/кг дейін құрайды.

Жерасты ядролық сынақтарын штольняларда жүргізу тау жыныстары массивінің көптеген ұсатылу аймақтарының, терең қазаншұңқыр мен жарықшақтықтардың пайда болуымен көп деформациялануына әкелді, нәтижесінде тау жыныстарының өткізгіштігі көп ұлғайды, бұл азаю сүзгілерін күшейтуге және жербеткі су ағындарын жерасты су ағындарына бөлініп аударылуына ықпал етеді. Сонымен, ядролық жарылыстар жүргізілген соң, Дегелең таулы массивінде атмосфералық жауын-шашындардың сүзілу аймақтарының жарықшақты-тастамыр жарықшақты сулардың, соңынан штольня сулары деп аталған ағындарын біріктіретін жерасты суларының жаңа типі пайда болды [130].

Қалпына келмейтін деформациялану аймағына, атмосфералық жауын-шашындар мен жарықшақты-тастамыр сулардың аймағы мен қазаншұңқыр қуысына тікелей түсуі нәтижесінде штольнялық сулардың радионуклидті құрамының қалыптасуы жүреді.

а)



б)

3.2-сурет. «Дегелең» алаңының аумағында таралу карталары: а) ^{241}Am; б) ^{137}Cs

Штольнялардың жарықшақтары мен қуыстарының жүйелері бойынша ауыса отыра, радионуклидтермен ластанған сулар жерасты суларының бассейнін толтырады немесе іргелес экожүйелерді ластай отыра, порталдар аудандарында күндізгі жер бетіне шығады. Әртүрлі штольнядан ағатын су ағындарының суындағы радионуклидтердің меншікті белсенділігінің максималды мәндері туралы қолда бар ақпараттың талдауы олардың ^{137}Cs үшін – 820 Бк/кг (№ 504 штольня), ^{90}Sr үшін – 2100 Бк/кг (№ 177 штольня), $^{239+240}$Pu үшін – 6,4 Бк/кг (№ 503 штольня), ^{241}Am үшін – 2,6 Бк/кг (№ 177 штольня) және ^{3}H үшін – 9,9×10^{5} Бк/кг (№ 160 штольня) жеткенін көрсетті.

Өсімдіктердегі радионуклидтердің меншікті белсенділігінің аса үлкен мәндері, әдетте, штольнялардан аққан су ағындарының жағалауларында байқалады. ^{137}Cs үшін бұл мән шамамен 1×10^{4} Бк/кг, ^{90}Sr – 1×10^{4} Бк/кг, $^{239+240}$Pu – 1×10^{1} Бк/кг жетуі мүмкін. Өсімдіктердегі ^{241}Am меншікті белсенділігі табу шектерінің дегейінде тіркелді – 2-4 Бк/кг. ^{3}H радионуклиді Дегелең таулы массивінің гидродинамикалық жүйесіне енген, сондықтан оның өсімдіктерде болуы тек жербеткі тұрақты су ағынының болуына ғана емес, сол сияқты топырақасты суларының тереңде жатуына да байланысты. Шоқыаралық төбешіктер мен бұлақтардың алқаптарында топырақасты суларының жатуы терең емес, сондықтан ^{3}H «Дегелең» алаңының шектерінде жазықтар экожүйелері мен шоқыаралық төбешіктерде өсетін өсімдіктерде бар.

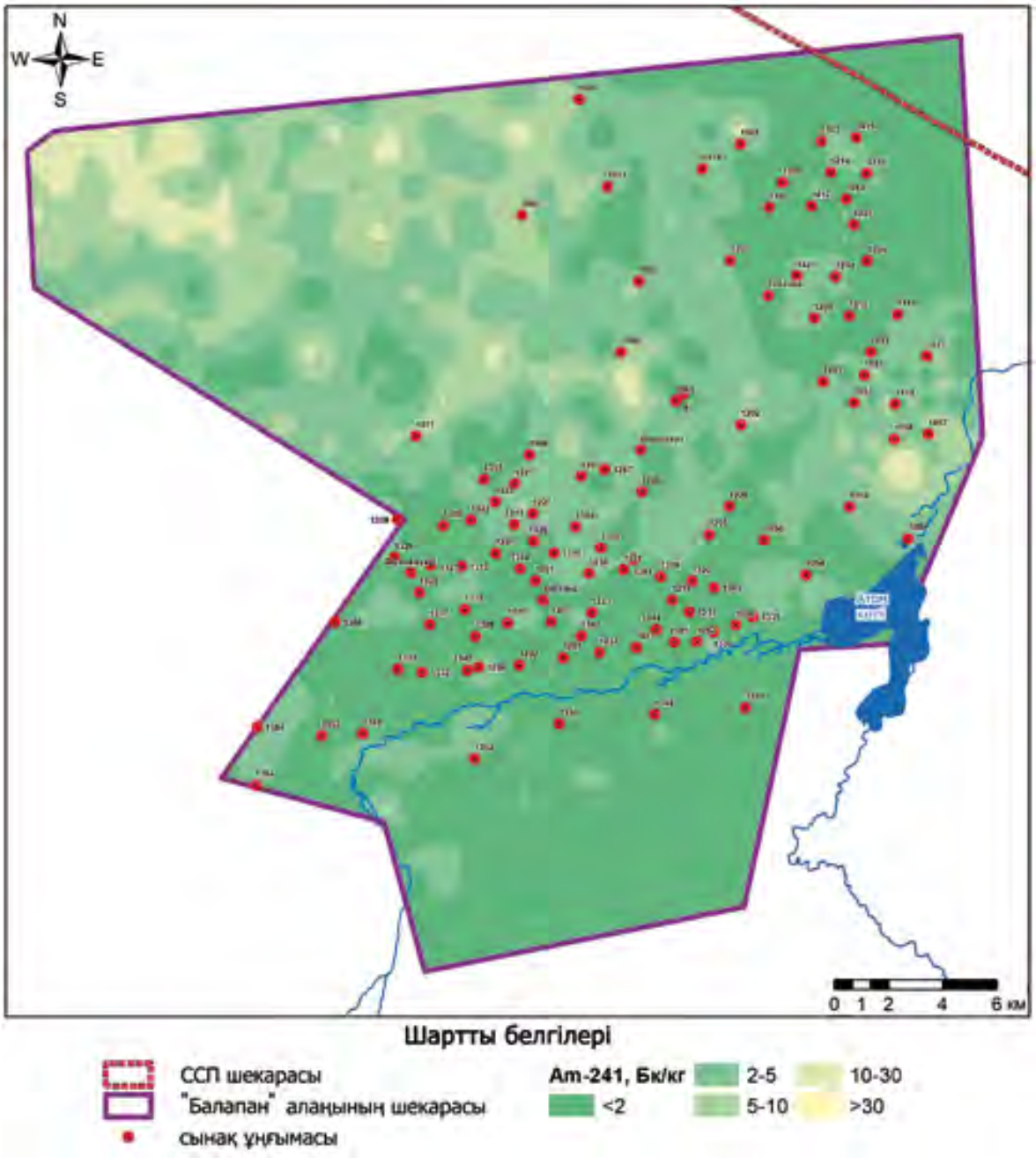
«Дегелең» алаңының ауасында ^{137}Cs, ^{90}Sr, $^{239+240}$Pu, ^{241}Am радионуклидтерінің саны кейбір жағдайларда құрамы 1000 Бк/м^{3} жететін ^{3}H-ден басқасы анықталмаған. Бұл мән «Радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз етуге қойылатын санитариялық-эпидемиологиялық талаптар» Гигиеналық нормативтерде келтірілген және 1900 Бк/м^{3} құрайтын РКБ$_{халық}$ тұрғындар үшін ауадағы орташа жылдық рұқсат етілген көлемді белсенділікті шегімен бір қатарда тұр [48]. Бұл кезде белгілі болғаны, атмосфералық ауадағы ^{3}H шоғырлануы су көздеріндегі, топырақ ауасындағы, өсімдіктердегі

^{3}H шоғырлануына тік пропорционал, сондай-ақ өсімдіктердегі ^{3}H көп шоғырлануы кезінде өсімдік жамылғысының өнімділігіне де тәуелді болуы мүмкін. Ауадағы ^{3}H максималды көп шоғырлануы ^{3}H ластанған ашық суайдынында (су ағыны, бөгесін, бұлақтар), жақын байқалады.

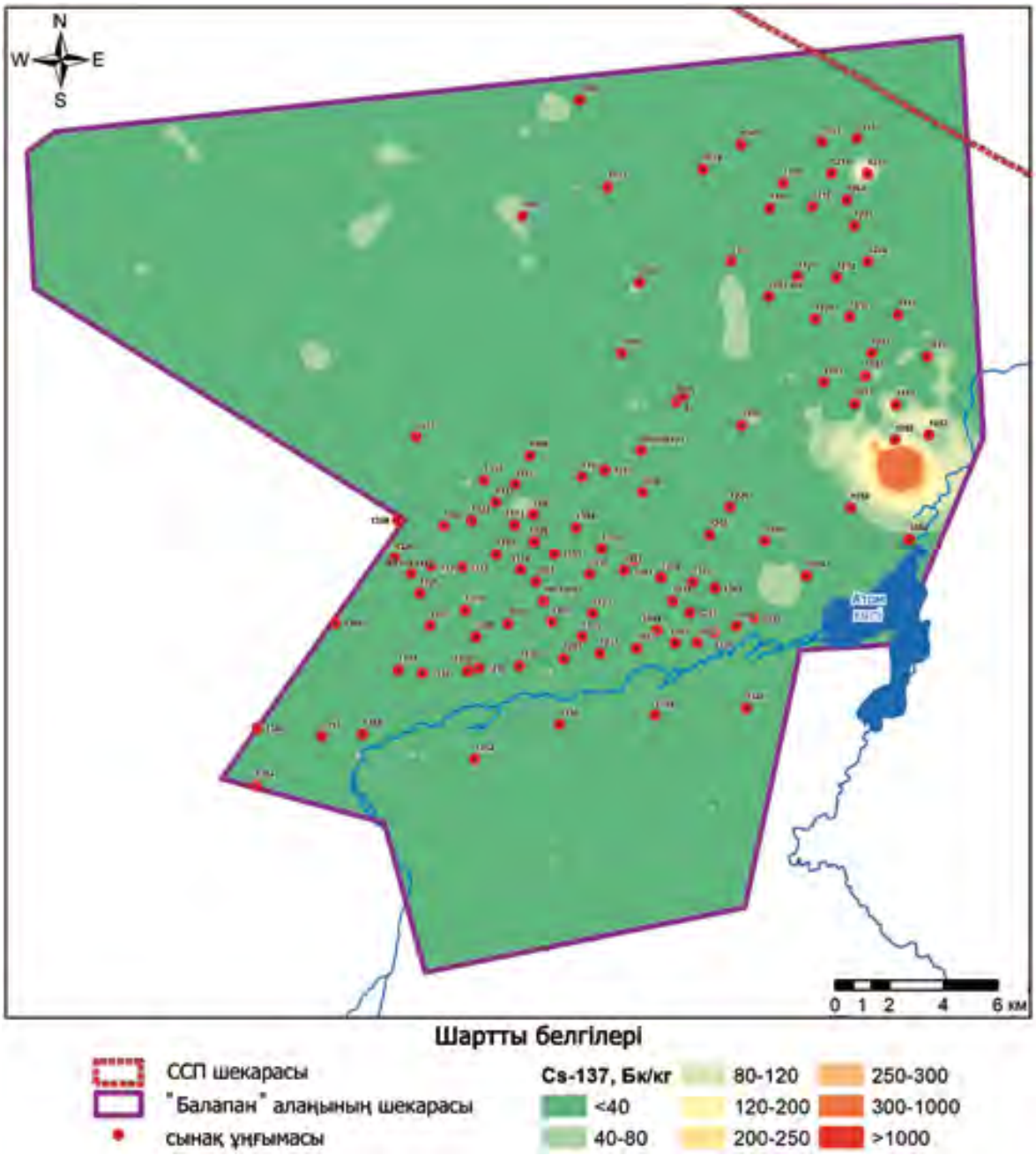
«Балапан» алаңы

«Балапан» алаңы тік ұңғымаларда жерасты ядролық жарылыстарын жүргізу үшін пайдаланылды. Атмосфералық сынақтармен салыстырғанда ұңғымалардағы жерасты ядролық жарылыстардан болған жергілікті жердің радиоактивті ластануы мүлдем аз. Радиоактивті өнімдердің негізгі үлесі жыныстардың геологиялық қабаттарында «көмулі» қалады. Штатты радиациялық жағдайлар бар ұңғымаларда жерасты ядролық жарылыстарын жүргізу кезінде өңделген радиоактивтіліктің басым бөлігі эпицентрде жерастында қалады, жер бетіне салыстырмалы түрде оның аздаған бөлігі шығады.

Сынақ алаңының радиоактивті ластануы 2 негізгі фактормен туындаған. «Тәжірибе даласы» алаңындағы атмосфералық ядролық сынақтардың салдарынан атмосферадан радиоизотоптардың түсуі бірінші фактор болып табылады. Түсулердің іздері алаңның солтүстік-батыс бөлігінен бастап алаңның ортасына дейін созылып жатыр. Іздердің ұзындығы ~30 км, ластану ауданы – ~250 км^{2} құрайды. Топырақтағы ^{241}Am бойынша меншікті белсенділік 30 Бк/кг дейінгі, ^{137}Cs – 80 Бк/кг дейінгі мәндерге жетеді. Радиоактивті шығуы бар жерасты ядролық сынақтарды жүргізу салдарынан радиоизотоптардың түсуі екінші фактор болып табылады. Ластанудың ең үлкен жері № 1004 ұңғымасындағы сынақтан болған радиоактивті түсулердің іздерімен пайда болған. Радиоактивті түсулердің ізінің созылуы шамамен 15 км. Жасанды радионуклидтердің шоғырлануы: ^{137}Cs – n×10^{3} Бк/кг және ^{241}Am – n×10^{3} Бк/кг жетеді.



3.3-сурет. «Балапан» алаңының аумағындағы ^{241}Am таралу картасы



3.4-сурет. «Балапан» алаңының аумағындағы ^{137}Cs таралу картасы

Ұңғыманың сағаалды аумағының радиоактивті ластану сипатын жіті қарастыру кезінде максималды радиоактивті ластану топырақ шығарындысы бар жарылысқа немесе штаттан тыс радиациялық жағдайы бар сынақтарға байланысты екендігі анықталды. Меншікті белсенділік диапазоны ^{241}Am үшін <0,3-тен 6,0×10^{5} Бк/кг дейін, ^{137}Cs үшін – <0,1-ден 1,9×10^{6} Бк/кг дейін, ^{90}Sr үшін – <2-ден 2,4×10^{5} Бк/кг дейін, $^{239+240}$Pu үшін – <0,1-ден 6,9×10^{6} Бк/кг дейін құрады.

$^{239+240}$Pu және ^{241}Am трансуранды радионуклидтердің жоғары мөлшері секілді, ^{137}Cs және ^{90}Sr бөліну өнімдері секілді де ұңғымалардың сағаалды аумақтарындағы өсімдік жамылғысы да сипатталады. ^{241}Am үшін меншікті белсенділік диапазоны <0,1-ден 9,4×10^{4} Бк/кг дейін, ^{137}Cs – <0,1-ден 2,9×10^{5} Бк/кг дейін, ^{90}Sr – <0,3-тен 8,3×10^{4} Бк/кг дейін, $^{239+240}$Pu – <0,1-ден 3,9×10^{4} Бк/кг дейін құбылады.

Соңынан ауқымды радиоактивті ластану пайда болған сынақтардың бірі «Шаған» атауын алған бейбіт мақсаттардағы сынақ болды. Ядролық құрылғы Шаған және Ащысу өзендерінің құйылысында № 1004 ұңғымаға салынды. Аталған сынақтың нәтижесінде Шаған өзенінің сулары мен жағалау аумағының ластануы орын алды.

Шаған өзенін зерттеу нәтижесі бойынша барлық негізгі жасанды радионуклидтердің мөлшері «Атом көлі» бөгетінен шығу орнында максималды екені анықталды, бұл, әрине, № 1004 ұңғымасындағы экскавациялық жарылысқа байланысты болды. ^{3}H радионуклиді бұған жатпайды, оның шоғырлануының максималды мәні 5-тен 14 км-ге дейінгі учаскеде және 370 000 Бк/кг мәндеріне жетеді.

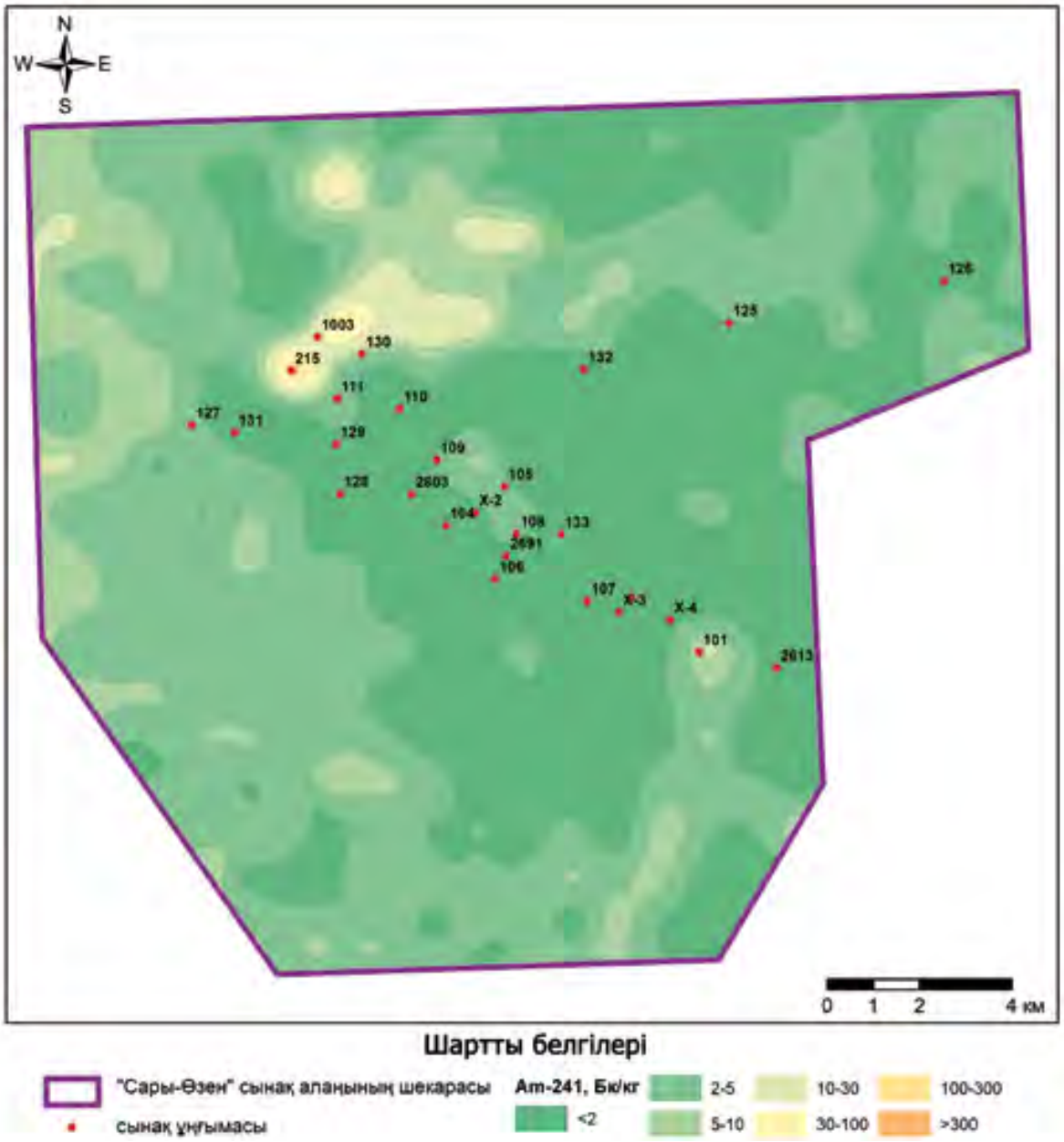
Ауа ортасын қарастыру кезінде максималды мән сол сияқты «Атом көлінде» де байқалды. Ауа ортасындағы $^{239+240}$Pu радионуклидінің максималды шоғырлануы үйінді аймағында табылған және 6,0×10^{-3} Бк/м^{3}, ^{241}Am – 7,4×10^{-4} бастап 1,3×10^{-3} Бк/м^{3} дейін жетеді. Үйінді аймағынан сыртқа қарай алыстаған кезде ауадағы радионуклидінің шоғырлануы төмендейді.

«Сары-Өзен» алаңы

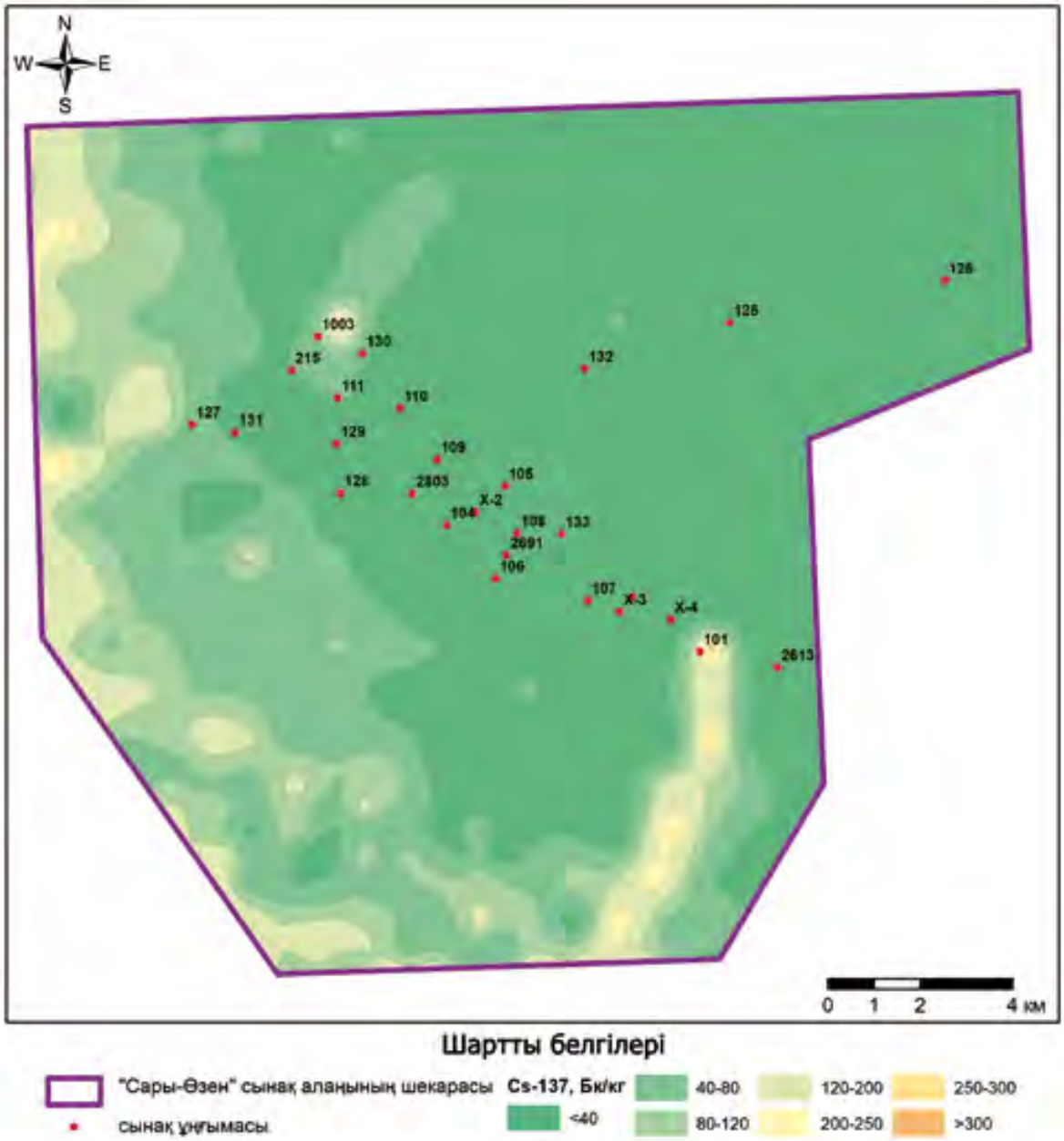
«Сары-Өзен» алаңы, «Балапан» секілді тік ұңғымаларда жерасты ядролық жарылыстарын жүргізу үшін пайдаланылды. Тәжірибелер жүргізудегі ерекшелік ядролық зарядтың салыну тереңдігінің әртүрлілігі мен «Сары-Өзен» алаңының аумағында («Балапан» – 600 м дейін, «Сары-Өзен» – 300 м дейін) [131] ядролық емес-жарылыстық тәжірибелер жүргізуде.

Сынақ алаңының радиоактивті ластануы сол сияқты 2 негізгі факторға байланысты. «Тәжірибе даласы» алаңында 24.09.1951 жылы жүргізілген жерүсті ядролық сынақтардан болған радиоактивті түсуіне байланысты жербеткі ластану бірінші фактор болып табылады. Радиоактивті түсулердің ізі «Сары-Өзен» алаңының солтүстік-батыс бөлігінен бастап оның оңтүстік шекарасына дейін созылып жатыр. Аталған алаңның шектеріндегі іздердің ұзындығы шамамен 22 км, ластану ауданы – шамамен 56 км^2 құрайды. Топырақтағы ^{241}Am бойынша меншікті белсенділік мәндерінің диапазоны <0,3-тен 390 Бк/кг дейін, орташа мән кезінде 5 Бк/кг, ^{137}Cs үшін <1,1-ден 330 Бк/кг дейін, орташа мәні кезінде 55 Бк/кг құбылады.

№№ 101, 125, 215 және 1003 ұңғымаларда өткен жерасты ядролық сынақтардың жүргізілуіне байланысты болған ластану екінші фактор болып табылады. Ластанудың ең үлкен жерінің № 101 ұңғымасында жүзеге асырылған ядролық сынақтардан болған радиоактивті түсулердің іздері бар. Аталған іздің ұзақтығы шамамен 8 км, сынақ алаңдарынан тыс шыққан. Аталған учаскелерде радионуклидтердің максималды шоғырлануы ^{137}Cs – $1{,}1\times10^4$ Бк/кг және ^{241}Am – $9{,}2\times10^4$ Бк/кг құрайды.



3.5-сурет. «Сары-Өзен» алаңының аумағында ^{241}Am таралу картасы



3.6-сурет. «Сары-Өзен» алаңының аумағында ^{137}Cs таралу картасы

Ұңғымалардың арнаалды аумағының радиоактивті ластануын зерттеп-қарау, «Балапан» алаңындағыдай, максималды радиоактивті ластану немесе топырақ шығарындысына, немесе штаттық емес радиациялық ахуалы бар сынақтарға орайластырылғанын көрсетті. ^{241}Am үшін меншікті белсенділіктің мәндер диапазоны <0,3-ден 1,6×10^{5} Бк/кг дейін, ^{137}Cs үшін – <0,1-ден 4,8×10^{5} Бк/кг дейін, ^{90}Sr үшін – <2-ден 2,4×10^{5} Бк/кг дейін, $^{239+240}$Pu үшін – <0,1-ден 6,9×10^{6} Бк/кг дейін құрады.

Өсімдік жамылғысын қарастыру кезінде ұңғымалардың арнаалды аумағының $^{239+240}$Pu, ^{241}Am, ^{90}Sr секілді радионуклидтердің жоғары мөлшерімен сипатталатынын атап өту қажет және салыстырмалы аз дәрежеде, ^{137}Cs ластанған. ^{241}Am үшін меншікті белсенділіктің мәндер диапазоны <0,1-ден 6,0×10^{3} Бк/кг дейін, ^{137}Cs – <0,1-ден 2,4×10^{2} Бк/кг дейін, ^{90}Sr – <0,9-дан 7,2×10^{3} Бк/кг дейін, $^{239+240}$Pu – <0,1-ден 1,5×10^{3} Бк/кг дейін құрады.

Ауа ортасындағы ^{241}Am және ^{137}Cs радионуклидтерінің мөлшері анықтау шегінің деңгейінен төмен тұр. Ауадағы радионуклидтердің мөлшерлік мәндері $^{239+240}$Pu үшін ғана анықталған – 0,5×10^{-6}-дан 13×10^{-6} Бк/м^{3} дейін, $^{39+240}$Pu радионуклидінің ауадағы мөлшері «Радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз етуге қойылатын санитариялық-эпидемиологиялық талаптар» Гигиеналық нормативтерінде белгіленген РКБ$_{халық}$, деңгейінен шамамен 2-4 ретке төмен екендігін растайды [48].

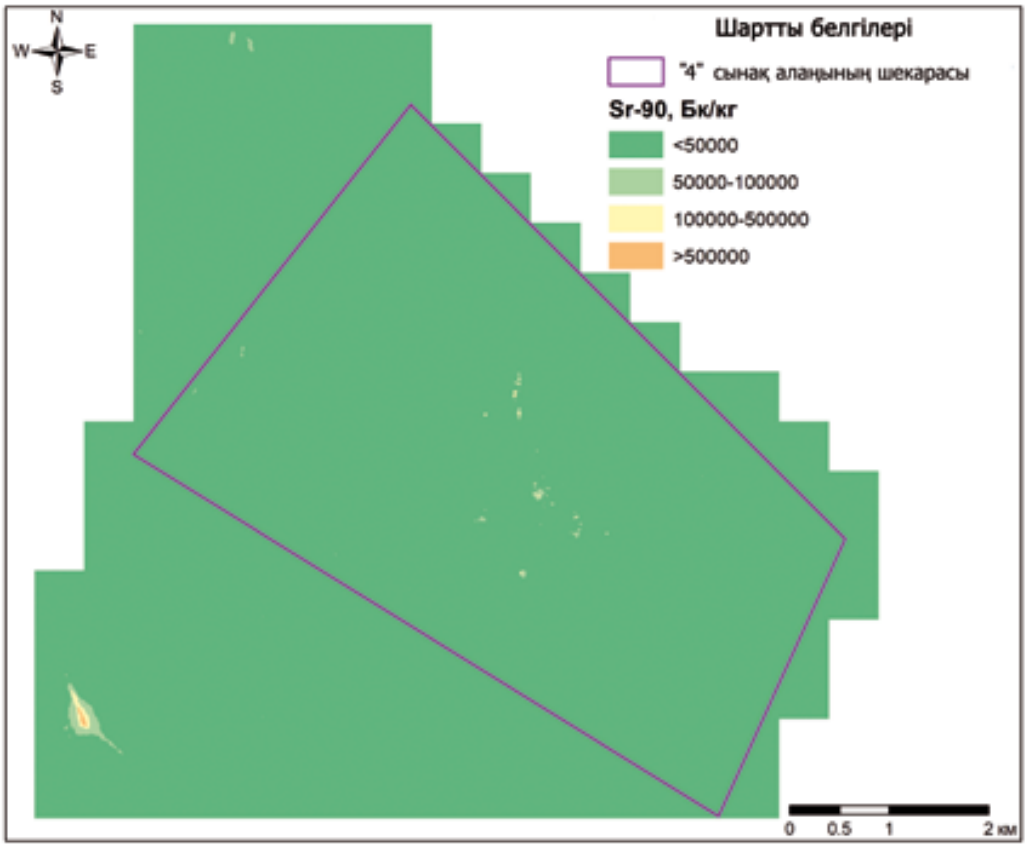
«4» және «4А» алаңдары

Ядролық жарылыстар – ССП аумағында жүргізілген сынақтардың жалғыз түрі емес. «4» және «4А» алаңдары әскери радиоактивті заттектерді сынау бойынша бағдарламалар іске асырылған сынақ алаңдары болып табылады. Тәжірибелерде құрамында бөліну өнімінің орташа және үлкен жартылай ыдырау кезеңі бар радиоактивті рецептура пайдаланылды. Көп жағдайларда бұл ^{90}Sr болды, ол аса радиологиялық қауіп төндірді. ^{90}Sr ерітілетін формалары сүт қоректілердің асқазан-ішек жолдарында жақсы

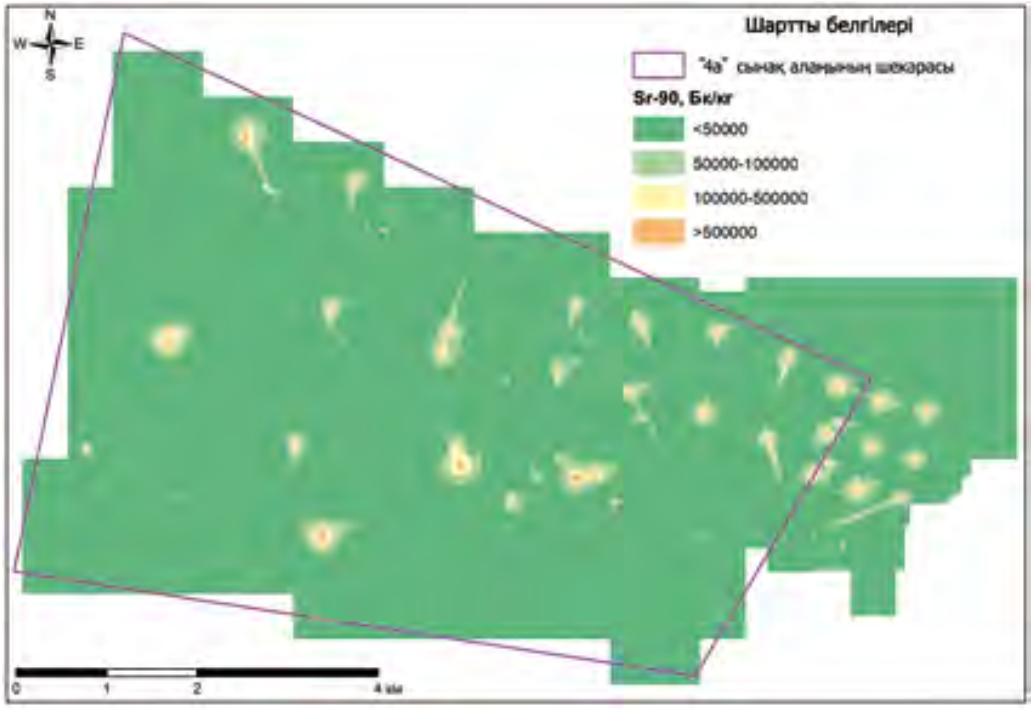
сіңіріледі. Одан басқа, оның ыдырау өнімі радиоактивті ^{90}Y, оның жартылай ыдырау кезеңі 64 сағат. Ол біраз уақыттан соң тағы бір β-электрон шығарады да тұрақты ^{90}Sr болады. ^{90}Sr үлкен дозалары адамда өткір сәулелік ауруларын тудырады, аздаған дозалардың ұзақ әсері оның созылмалы формасының дамуына әкеледі [132].

Жоғарыда аталғандарға сәйкес, аталған сынақ алаңдарының аумақтарын зерттеп-қарау барысында негізгі жұмыстар нақты ^{90}Sr анықтауға бағытталған. Жүргізілген зерттеулердің нәтижесінде ӘРЗ сынағы кезінде пайдаланылатын металл өнімдердің жекелеген үзінділері анықталды, сондай-ақ оқшау радиоактивті ластанудың 40-тан астам учаскесі анықталды.

Біз күткендей, «4» және «4А» сынақ алаңдарының негізгі ластаушысы ^{90}Sr радионуклиді болып табылады, топырақтағы оның шоғырлануы <1-ден 5,9×10^{8} Бк/кг дейінгі шектерде құбылады. Сол сияқты зерттеулер сынақ алаңдарының аумағында басқа жасанды радионуклидтердің жоғары мәндері: ^{137}Cs бойынша <0,2-ден 3,8×10^{5} Бк/кг дейін, ^{241}Am бойынша <0,3-тен 3,0×10^{4} Бк/кг дейін, $^{239+240}$Pu бойынша – <1-ден 7,9×10^{5} Бк/кг дейін болатын жерлердің бар екендігін көрсетті. Сол сияқты радиоактивті ластанудың барлығы сынақтардың тарихи шектерінде тұрған жоқ деп атап өтуге болады. «4» алаңында алаңның шекарасынан оңтүстік-батыс бағытта 3 км-де орналасқан радиоактивті ластанудың ірі учаскесі бар. «4А» алаңында шығыс бағытта да алаңның шекарасынан тыс шығатын радиоактивті ластанудың бірқатар оқшаулау учаскесі бар. Бұл, бәлкім, сынақтарды жүргізу уақытында (ұшақтан қару зарядын тастау) белгіленген позициядан болжамды ауытқуға, сондай-ақ шекаралардың салыстырмалы шарттылығына байланысты болар. Аталған учаскелер «4» және «4А» сынақ алаңдарының аумақтарына орайластырылған.



а)



б)

3.7-сурет. Алаңдардың аумағында ^{90}Sr таралу карталары: а) «4»; б) «4А»

Топырақ жамылғысындағыдай өсімдік жамылғысында шоғырлануы <1-ден $8,3\times10^{8}$ Бк/кг дейін құбылатын, бұл аталған радионуклидтің топырақта шоғырлануымен салыстыруға болатын, ал кей кездерде тіпті одан асатын шектерде ^{90}Sr негізгі ластаушы болып табылады. Өсімдіктердегі меншікті белсенділіктің жоғары мәндері басқа да қалған радионуклидтер үшін тән: ^{241}Am үшін – <0,1-ден $9,2\times10^{2}$ Бк/кг дейін, ^{137}Cs үшін – <0,2-ден $1,0\times10^{3}$ Бк/кг дейін, $^{239+240}$Pu үшін – <2-ден $2,4\times10^{3}$ Бк/кг дейін.

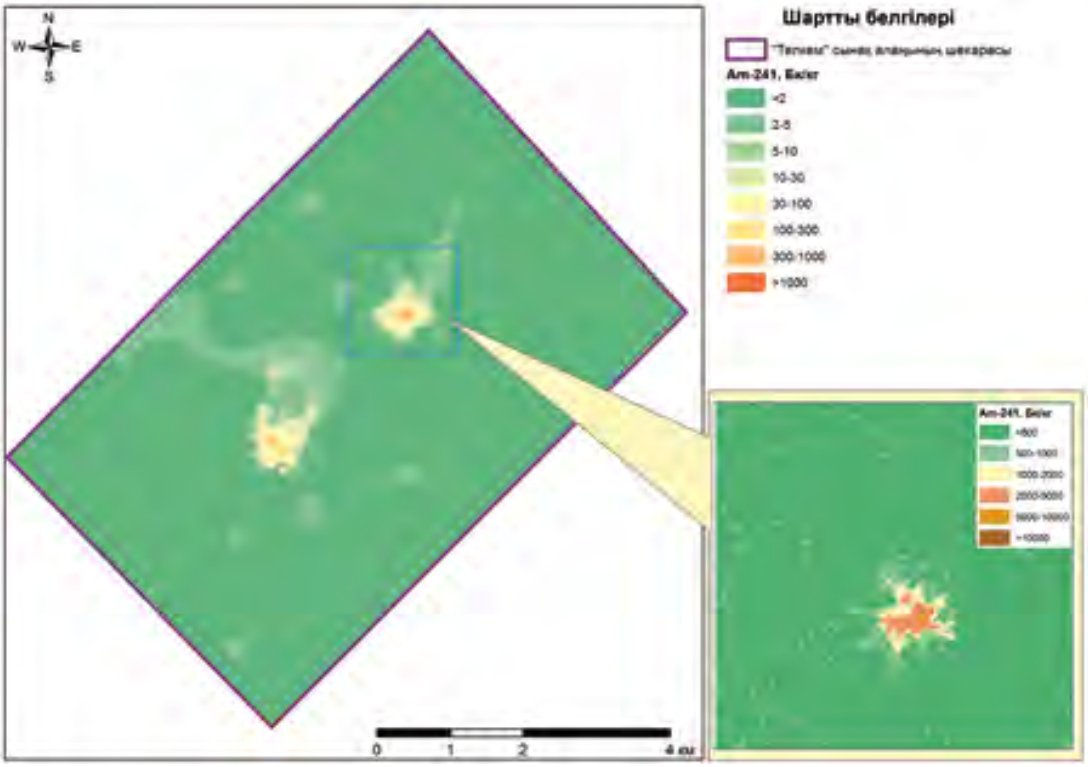
Зерттеп-қарап жатқан алаңдардың аумағында ауадағы жасанды радионуклидтердің көлемді белсенділігі: ^{241}Am үшін – <$8,0\times10^{-5}$ Бк/м^{3}, ^{137}Cs үшін – <$3,5\times10^{-5}$ Бк/м^{3}, ^{90}Sr – <$4,3\times10^{-5}$-ден $1,4\times10^{-2}$ Бк/м^{3} дейін, $^{239+240}$Pu – <$4,2\times10^{-7}$-ден $4,7\times10^{-6}$ Бк/м^{3} дейін құрады, бұл «Радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз етуге қойылатын санитариялық-эпидемиологиялық талаптар» Гигиеналық нормативтерінде белгіленген РКБ$_{\text{халық}}$, деңгейінен 3-5 ретке төмен [48].

«Телькем» алаңы

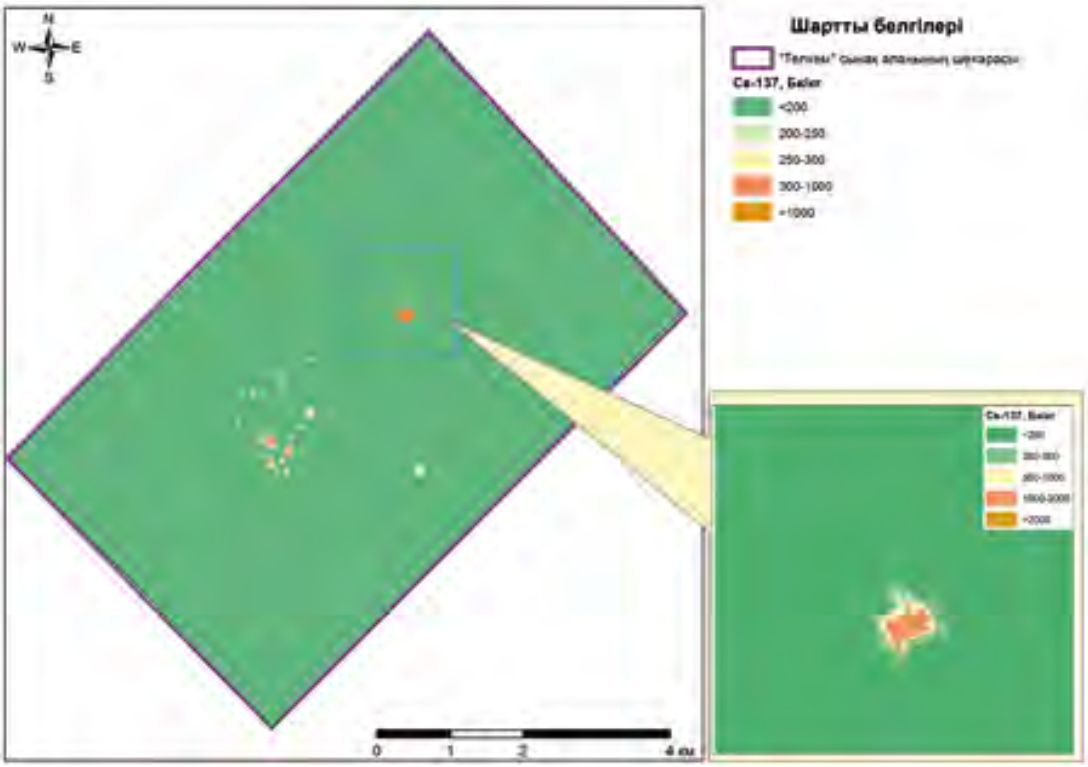
«Телкем» алаңы 1968 жылы күзде жүзеге асырылған екі өнеркәсіптік экскавациялық жарылыс (Телкем-1, Телкем-2) ретінде берілген. Өнеркәсіптік ядролық жарылыстар жасанды суайдынын жасау үшін топырақ шығарындысы бар жерасты ядролық жарылыстарын өнеркәсіптік пайдалану бағдарламасының бірінші бағыттарының бірі болды.

Алаңдық зерттеулер радионуклидтердің ядролық сынақтар кезінде пайда болған топырақасты сулармен («көлдер» деп аталатын) толған қазаншұңқырдың айналасында оқшауланғандығын көрсетті.

Су ортасын зерттеу негізінде «Телкем» алаңында қазаншұңқырды толтыратын жербеткі суларда араласу деңгейінен аспайтын мөлшердегі ^{90}Sr және ^{3}H радионуклидтері бар екендігі анықталды [48]. ^{137}Cs, ^{241}Am және $^{239+240}$Pu радионуклидтерінің суда бар болуы байқалмады.



а)



б)

3.8-сурет. «Телкем» алаңың аумағында таралу карталары: а) ^{241}Am; б) ^{137}Cs

Өсімдіктердегі меншікті белсенділіктің көп шоғырлануы $^{239+240}$Pu радионуклиді үшін байқалады (5,1-ден 1,6×10^{4} Бк/кг дейін). ^{241}Am үшін меншікті белсенділіктің диапазоны <0,1-ден 1,3×10^{3} Бк/кг дейін, ^{137}Cs – <0,2-ден 1,6×10^{3} Бк/кг дейін, ^{90}Sr – 68-ден 5,4×10^{3} Бк/кг дейін құрады.

Аумақтың ауа бассейнінің ластануы құрамында ^{137}Cs, ^{241}Am, ^{90}Sr және $^{239+240}$Pu ұзақ өмір сүретін радионуклидтерінің радиоактивті шаң бөлшектерінің екінші рет тасымалдануына байланысты. Шоғырланудың мөлшерлік мәндері 1×10^{-3} Бк/кг тек $^{239+240}$Pu радионуклиді бойынша ғана алынған.

Қорытынды

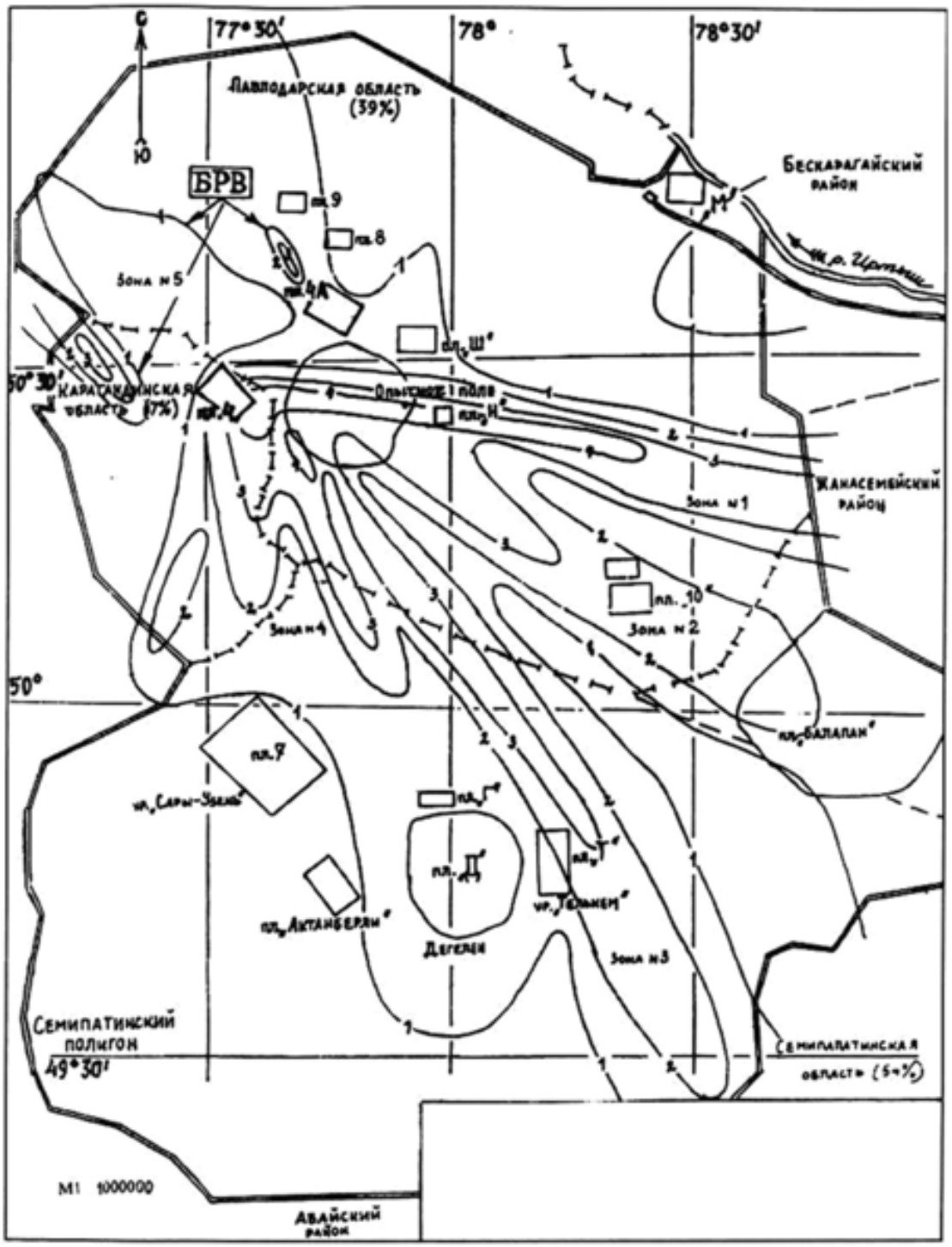
Сынақ алаңдарының аумағын көп жылғы зерттеп-қарау нәтижесінде алынған деректер мен жасанды радионуклидтердің алаңдық таралу карталарын талдау негізінде топырақ жамылғысындағы радионуклидтердің алаңдық белсенділігінің мәндері Аумақтардың экологиялық ахуалын бағалау критерийлерінде белгіленген мәндерден асқан радиоактивті ластану учаскелері анықталды [51]. Мысалы, «Тәжірибе даласы» алаңында жалпы ауданы 4,2×10^{7} м^{2} болатын 25 радиоактивті ластанған учаске, «Дегелеңде» – жалпы ауданы 7,6×10^{5} м^{2} болатын 16 учаске, «Балапанда» – жалпы ауданы 8,0×10^{6} м^{2} болатын 13 учаске, «Сары-Өзенде» – жалпы ауданы 9,4×10^{5} м^{2} болатын 7 учаске, «4» алаңында – жалпы ауданы 1,6×10^{5} м^{2} болатын 6 учаске, «4А» алаңында – жалпы ауданы 2,7×10^{6} м^{2}, болатын 36 учаске, «Телкемде» – жалпы ауданы 1,6×10^{5} м^{2} болатын 2 учаске анықталды.

4-БӨЛІМ. ПОЛИГОННЫҢ ДАМУ ПЕРСПЕКТИВАСЫ

4.1 Іргелес аумақтардағы радиациялық ахуал

ССП көп жылғы қызметі полигонның шектерінен тыс орналасқан аумақтардың да радиоактивті ластану себебі болды. Аумақтардың радиоактивті ластануына негізгі үлесті 1949 жылдан бастап 1962 жылға дейін жүргізілген атмосфералық ядролық сынақтар енгізді. Бірінші кезекте, бұл ядролық сынақтарды жүргізу кезеңінде ауа райының жағдайларына байланысты, олардың нәтижесінде радиоактивті бұлттар полигон шектерінен тыс шықты да жер бетіне радиоактивті жауын-шашындар ретінде түсті. ССП жүргізілген атмосфералық ядролық сынақтардың үлкен мөлшеріне қарамастан (116 сынақ [3, 133]), олардың тек бірнешеуі ғана полигон шектерінен тыс радиоактивті ластануды қалыптастырды, ол кезде сынақтардың көбісі ядролық жарылыс өнімдерінің максималды тұну режімінде тікелей полигон аумағында жүргізілді. 1956 жылдың соңында полигонның әскери мамандары мен КСРО Ғылымдар академиясының Қолданбалы геофизика институтының қызметкерлері ССП алғашқы жан-жақты дозиметриялық зерттеп-қарау жұмыстары жүргізілді, сондай-ақ полигонның айналасында 500 км-ге дейінгі ара қашықтықта аэрогамматүсірілім жүзеге асырылды.

Жүргізілген зерттеу жұмыстары ССП шектерінен тыс радиациялық ахуалға әсер ететін сынақтардың қатарына 29.08.1949 жылғы жүргізілген, «Тәжірибе даласы» сынақ алаңынан солтүстік-шығыс бағытта радиоактивті із туындатқан алғашқы кеңестік атмосфералық ядролық сынақты, 24.09.1951 жылғы жүргізілген, нәтижесінде оңтүстік бағытта із пайда болған атмосфералық ядролық сынақты және 12.08.1953 жылғы жүзеге асырылған және оңтүстік-шығыс бағыттағы іздің пайда болуына себепкер болған кеңестік сутегі бомбасының атмосферадағы алғашқы сынағын қосатынын көрсетті.



4.1-сурет. 1956 жылдағы ССП аумағының радиоактивті ластану сұлбасы. Гамма-сәулелер дозаларының изосызықты қуатының орналасуы, мкР/сағ: 1) 12-40, 2) 40-100, 3) 100-1000, 4) >1000 [8]

Алғашқы ядролық сынақтардың метеорологиялық қамтамасыз етілуін ұйымдастыру туралы ақпарат аз сақталған. 1949 жылы 29 тамызда жүргізілген алғашқы ядролық сынаққа қатысты мұрағаттық деректер тек 40-60 км/сағ тең болған атмосфераның 0-ден 69 км-ге дейінгі қабатындағы желдің жылдамдығы туралы ғана хабарлайды [2]. Куәгерлердің айтуынша, 1949 жылы тамыз ішінде құрғақ және ыстық ауа райы тұрды, алайда тамыздың 28-інен 29-ына қараған түні желдің күрт күшеюі орын алды, таңға қарай нөсер жауын басталды. Тәжірибе жетекшілерін найзағай ойнаған жағдайда 37,5 метрлік мұнарада орналасқан ядролық зарядтың рұқсат етілмеген жарылуы орын алу мүмкіндігі алаңдатты. Сонымен бірге, ядролық зарядтың алғашқы кеңестік тәжірибелік сынағын іске асыру әлемдік аренада маңызды әскери-саяси оқиға болып табылды. Жұмыс жетекшілері ядролық сынақты 8-ден 7-ге ауыстыру туралы шешім қабылдады. Сонымен, сынақты жүргізу кезіндегі метеорологиялық мәліметтердің қателігінен полигон шектерінен тыс жергілікті жерде гамма-сәулеленудің дозасы радиоактивті заттектің толық ыдырауына дейін 1 Р-дан асуы мүмкін аумақтың ауқымды радиоактивті ластануына себеп болды.

Ядролық зарядтың алғашқы тәжірибелік сынағын жүзеге асыру маңызды әскери-саяси оқиға еді, бұл метеорологиялық жағдайларды ескермеуге және желдің күрт соғуы мен жаңбырлы ауа райында құрылғыны жаруды іске асыруға себеп болды. Қабылданған шешімнің нәтижесі – полигон шектерінен тыс жергілікті жерде гамма-сәулеленудің дозасы радиоактивті заттектің толық ыдырауына дейін 1 Р-дан асуы мүмкін аумақтың ауқымды радиоактивті ластануы. Ластану іздің ені 40-50 км болған кезде тыйым салынған аймақтың шекарасынан шамамен 300 км ара қашықтыққа дейін біртіндеп кеңейе беретін сызық ретінде созылды [134]. 29.08.1949 жылғы ядролық сынақтан болған радиоактивті түсу іздері жүріп өткен аймақта Семей облысының Бесқарағай және Новопокровка аудандары, сондай-ақ Алтай ауданының кейбір аудандары болды. 24.09.1951 жылғы ядролық сынақ нәти-

жесінде радиоактивті ластануға Семей облысының Абай, Шұбартау және Аягөз аудандары ұшырады. 12.08.1953 жылы жүргізілген КСРО-дағы ең қуатты жерүсті сынақ жүргізілген соң радиоактивті өнімдермен Семей облысының Абай, Георгиевка және Аягөз аудандары, олардың елді мекендерінің аумақтары Абай, Қызылтас, Жүрекодыр, Саржал (Телман ат. колхоз) және т.б. елдімекендері ластанды [3, 8].

1956 жылдан бастап 1989 жылға дейінгі кезеңде 6 кешенді медициналық ғылыми экспедиция ұйымдастырылды және радиациялық және санитариялық-гигиеналық ахуалды, сондай-ақ Шығыс-Қазақстан, Семей, Павлодар және Қарағанды облыстарының тұрғындарының денсаулығын зерттеп-қарайтын 2 арнайы құрылған диспансер тұрақты жұмыс істеді [3]. Радиоактивті ластанған аумақтарда тұратын тұрғындардың денсаулығын бүкіл бақылау кезеңі ішінде өткір немесе созылмалы сәуле ауруы анықталған жоқ [3].

Ядролық сынақтарды жүргізу кезеңіндегі радиациялық бақылаудың негізгі мақсаты әр радиоактивті іздің сипатын және, бірінші кезекте, полигонға жақын тұрған тұрғындардың сыртқы сәулелену дозаларын анықтау болды [3, 3]. Мысалы, әдеби деректерге сәйкес, атмосфералық сынақтардан болған радиоактивті түсулердің іздер аймағында тұрған ССП іргелес аумақтарда тұрғындардың орташа сәулелену дозасы 0,03-0,50 Р (0,26-4,40 мЗв) шектерінде құбылды [8].

Ядролық сынақтар тоқтатылған соң полигонға іргелес аумақтарда қоршаған ортаның радиоактивті ластану ауқымы мен деңгейін анықтау, сондай-ақ полигон қызметінің тұрғындардың денсаулығына әсерінің дәрежесі туралы сұрақ туындады. ССП іргелес аумақтарда радиациялық ахуалды анықтау мақсатында Қазақстанның мамандары жақын және алыс шетелдік әріптестермен (Ресей, АҚШ, Жапония, Германия, Австрия, Франция және басқалары) бірлесе отыра жүргізген радиоэкологиялық зерттеулер жүзеге асырылды.

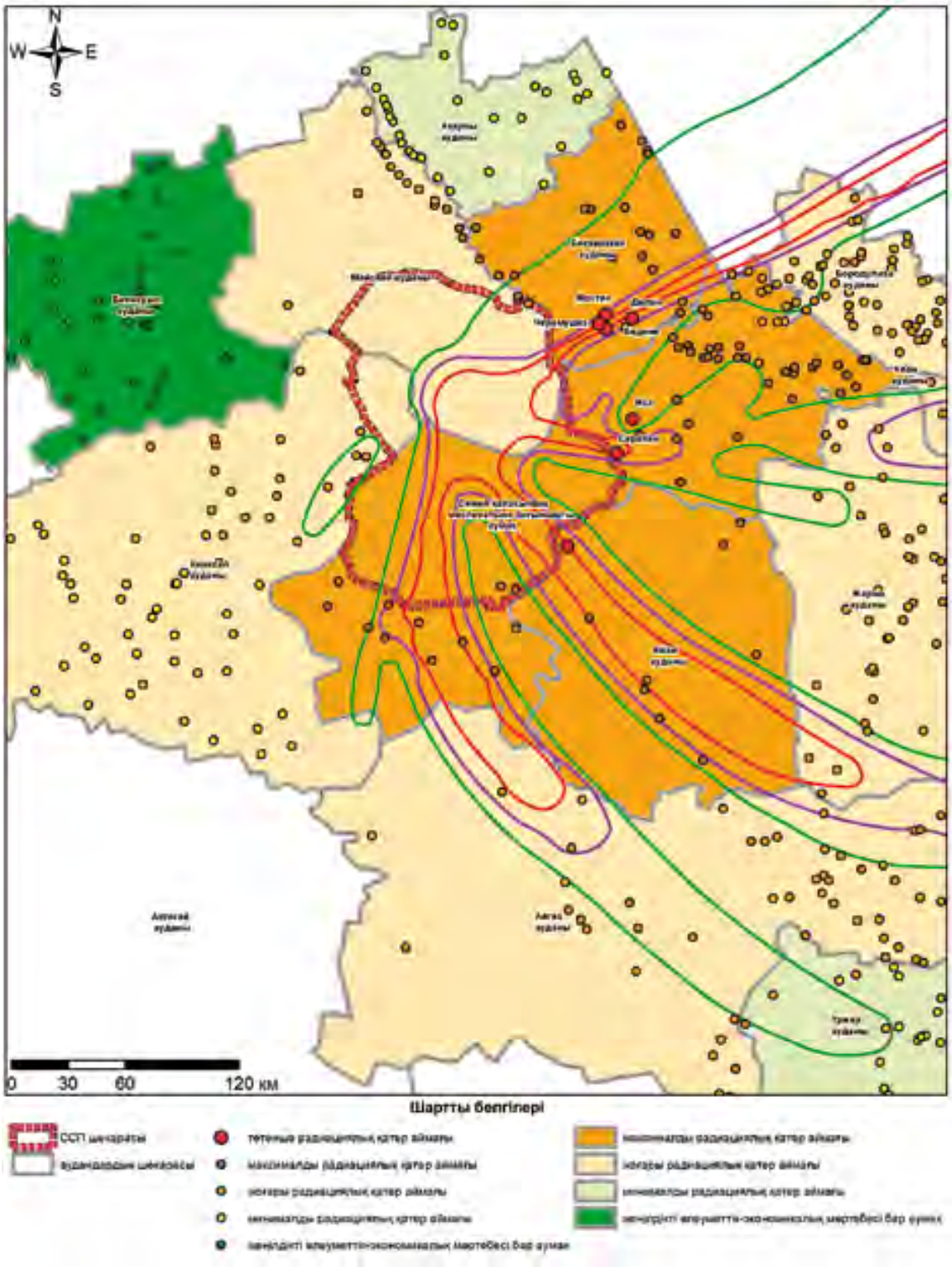
Зерттеулердің нәтижелері бойынша әр нақты сынақ жүргізілгеннен кейінгі сыртқы сәулелену дозалары және сынақтар жүргізілген барлық уақыт үшін сыртқы сәулеленудің жиынтық дозасы көрсетілген 711 елді мекеннің төлқұжаты құрастырылды. Төлқұжаттарды әзірлеу бойынша жұмыстардың рецензенттері Ғ.Ә. Батырбеков, Р.А. Айтмағамбетов, Т.А. Сайбеков секілді көрнекті ғалымдары болды. Барлық төлқұжаттар ҚР Денсаулық сақтау министрлігі мен ҚР Экобиоресурстар министрлігіне тапсырылды [8].

Алынған материалдардың негізінде «Семей ядролық сынақ полигонындағы ядролық сынақтардың салдарынан зардап шеккен азаматтарды әлеуметтік қорғау туралы» Қазақстан Республикасының 1992 жылғы 18 желтоқсандағы № 1787-XII Заңы әзірленіп, қабылданды, бұнда ядролық сынақтардың әсеріне ұшыраған аумақтардың жіктемесі берілген (4.2-сурет).

Аталған жіктемеге сәйкес, Шығыс Қазақстан облысының барлық аумағы және Павлодар және Қарағанды облыстарының іргелес аудандары экологиялық апат аймағы деп танылған. Төтенше радиациялық қатер аймағына Абай ауданының Саржал ауылдық округының аумағы, Бесқарағай ауданының Долон ауылдық округы, Шығыс Қазақстан облысының таратылған Жаңа семей ауданының Сарапан және Иса елдімекендері де енгізілді [136].

Алдын ала 2004-2005 жылдарда жүргізілген зерттеулер Ертіс маңы (Бесқарағай ауданы) және Абай ауданының аумағында (Саржал мен Қарауыл елді мекендерінің арасында), ^{137}Cs жасанды радионуклидімен топырақ жамылғысының ластануы анықталды, ол бір килограммға жүздеген беккерель деңгейінде [137]. Тізбекті орман аумағын 2006-2010 жылдарда «Республика аумағының ормандарын сақтау және орманды жерлерін көбейту» бюджеттік бағдарламасының шеңберінде орындалған әрі қарай зерттеу көрсеткендей, радиоактивті түсулердің іздері бойымен топырақ жамылғысының ^{137}Cs, ^{90}Sr және $^{239+240}$Pu жасанды радионуклидтермен ластануы бір килограммға жүздеген беккерель деңгейінде тұр,

бұл ССП солтүстік және батыс бөліктерінде анықталған радионуклидтердің мөлшерінен асады [138, 139].



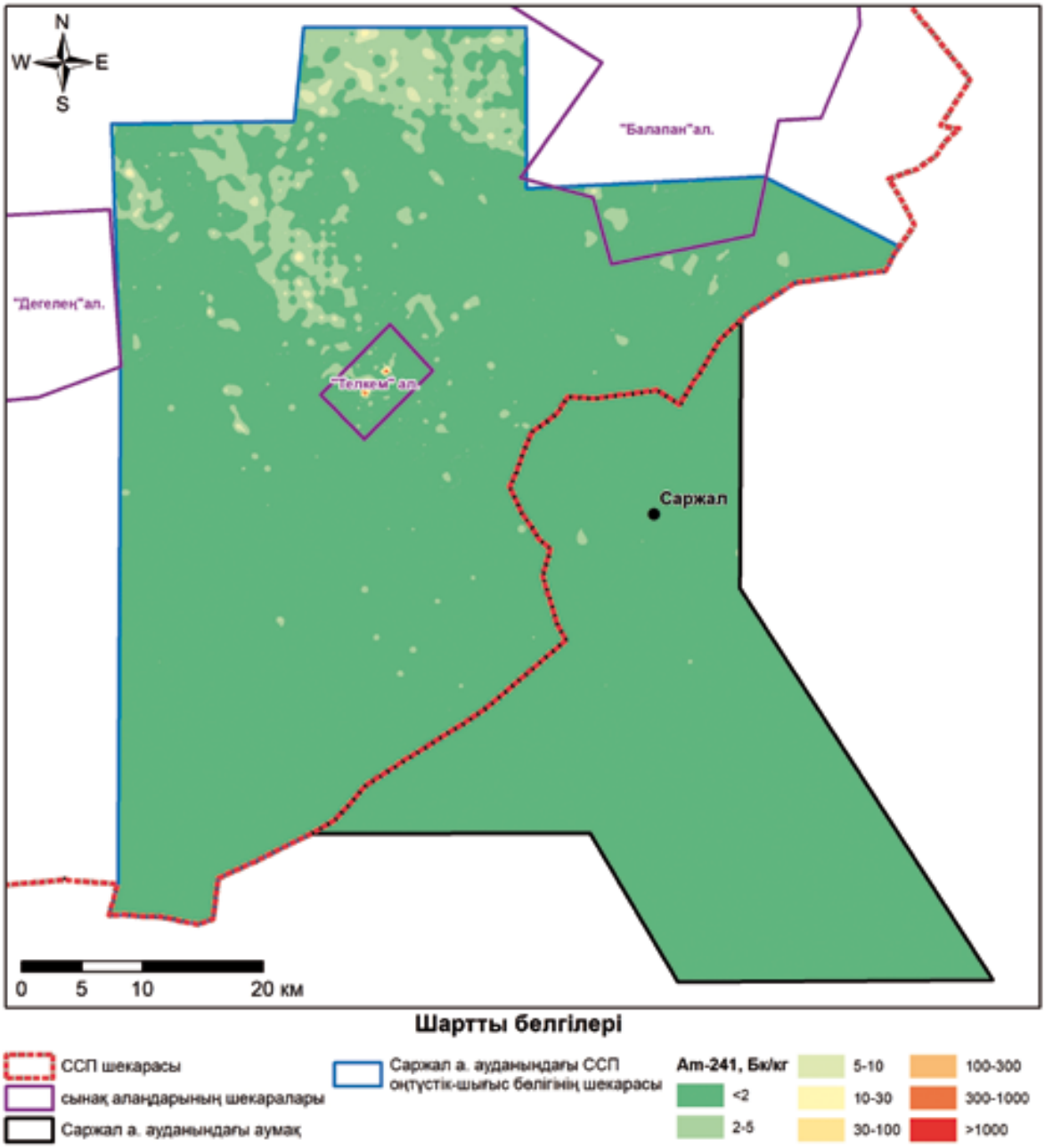
4.2-сурет. Ядролық сынақтарды жүргізу кезінде радиоактивті түсулердің әсеріне ұшыраған аумақтардың жіктелімі

Әртүрлі кезеңде ҚР Ұлттық ядролық орталығының мамандары Павлодар облысының Май ауданының, Шығыс Қазақстан облысының Абралы және Бесқарағай аудандары аумақтарының бөлігіне радиоэкологиялық зерттеп-қарау жұмыстары жүргізілді [140, 141].

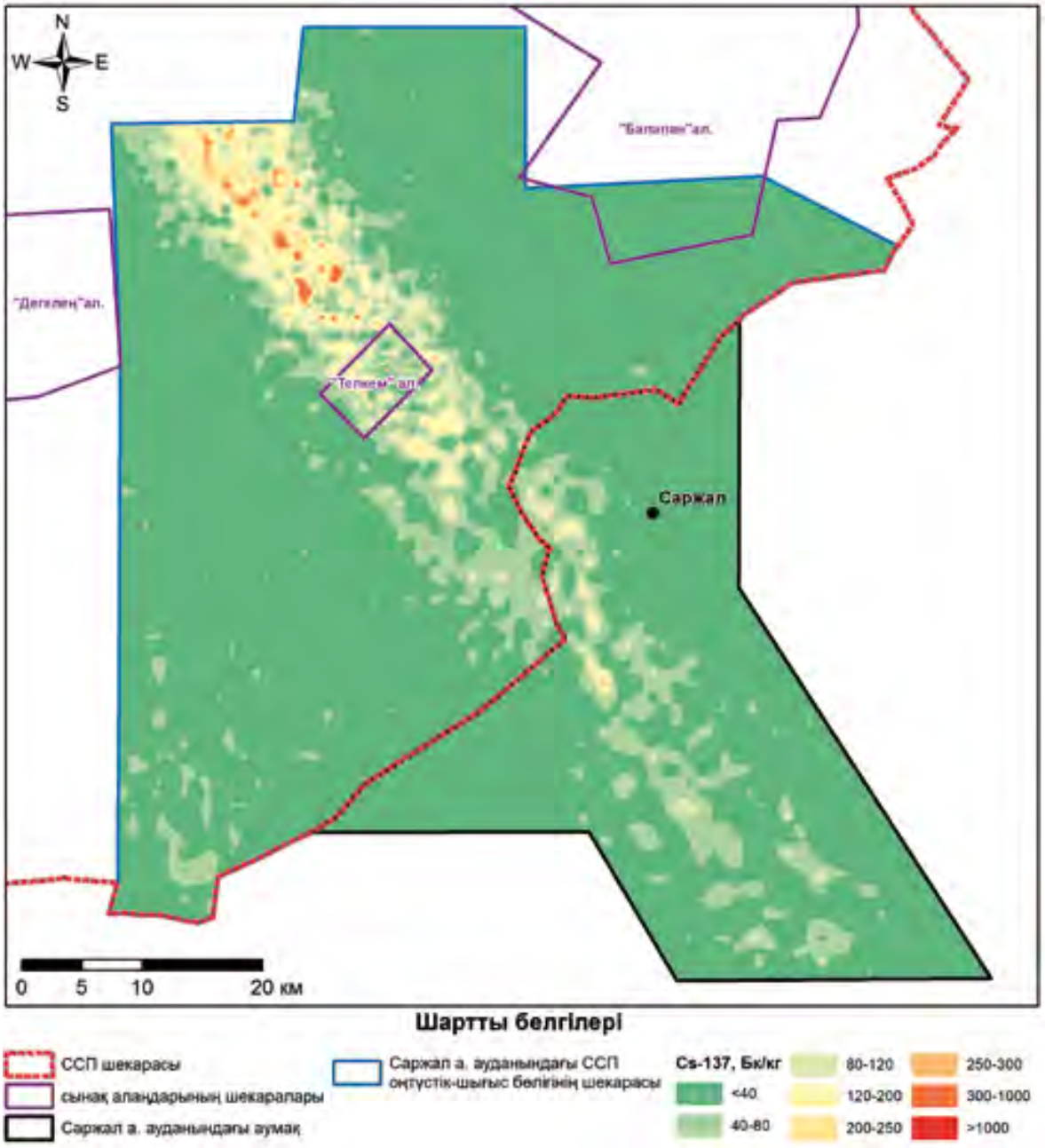
ҚР Ұлттық ядролық орталығымен орындалатын ССП аумағын кешенді экологиялық зерттеп-қарау нәтижелері бойынша қоршаған ортаның жасанды радионуклидтермен радиоактивті ластануы ССП шекарасында тіркелген, бұл туралы полигон шектерінен тыс жерлердің бір бөлігі де ядролық қару сынақтарынан радиоактивті ластануға ұшыраған фактісі растайды. Мысалы, 2011-2014 жылдарда жұмыстарды жүргізу кезеңінде республикалық бюджеттік бағдарлама бойынша жұмыстар орындау барысында ССП аумағының оңтүстік-шығыс бөлігін кешенді экологиялық зерттеп-қарау жұмыстары жүргізілді, оның барысында бойынша қоршаған ортаның жасанды радионуклидтермен радиоактивті ластануы ССП аумағының оңтүстік-шығыс шекарасында тіркелгендігі анықталды [141]. Сызық ені полигонның шекарасында және жарылыстың эпицентрінен 140-150 км қашықтықта 40 км-ге жетті.

2014-2016 жылдарға арналған республикалық бюджеттік бағдарлама бойынша жұмыстар шеңберінде Бесқарағай, бұрынғы Жаңа Семей аудандарының және төтенше және максималды қауіпті аймағына жататын бірқатар елді мекендердің аумақтарына кешенді радиоэкологиялық зерттеу жүргізу жоспарланды [141]. 2014 жылы 29.08.1949 жылғы ядролық сынақтан болған радиоактивті түсулер із өткен, ауданы 340 км^2 болатын Бесқарағай ауданының елді мекендері мен Канонерканың аудандарын зерттеп-қарау басталды (4.5-сурет) [142].

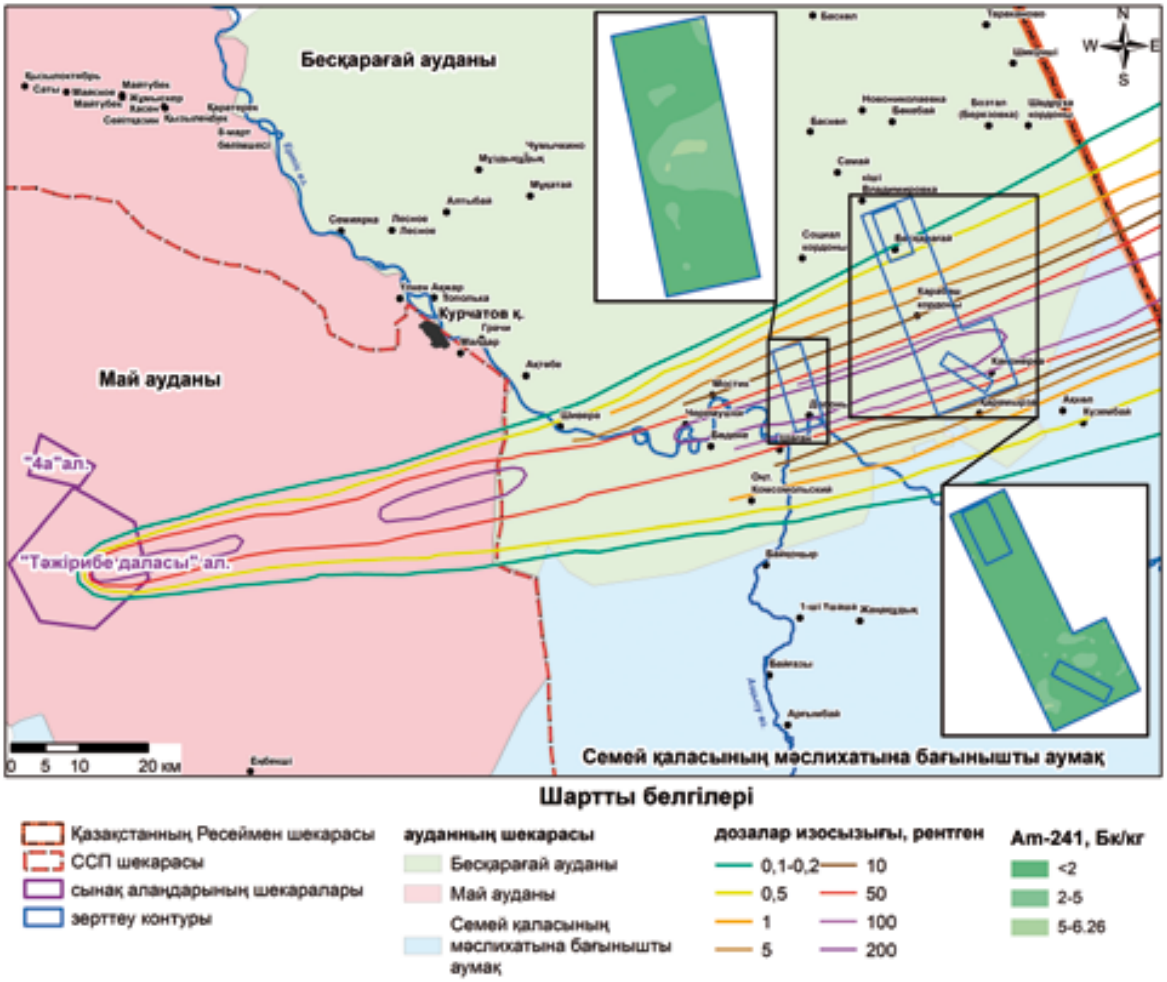
2015 жылдағы жұмыс шеңберінде радиоактивті ластанған учаскелердің шекараларын анықтауға, радиациялық аухалдың қалыптасуы мен дамуына әсер етуші механизмдер мен факторларды анықтауға бағытталған нақтылаушы зерттеулер жүргізілген.



4.3-сурет. ССП шекарасына дейін және кейін оңтүстік-шығыс бөлігінің ^{241}Am радиоактивті ластануы



4.4-сурет. ССП шекарасына дейін және кейін оңтүстік-шығыс бөлігінің ^{137}Cs радиоактивті ластануы

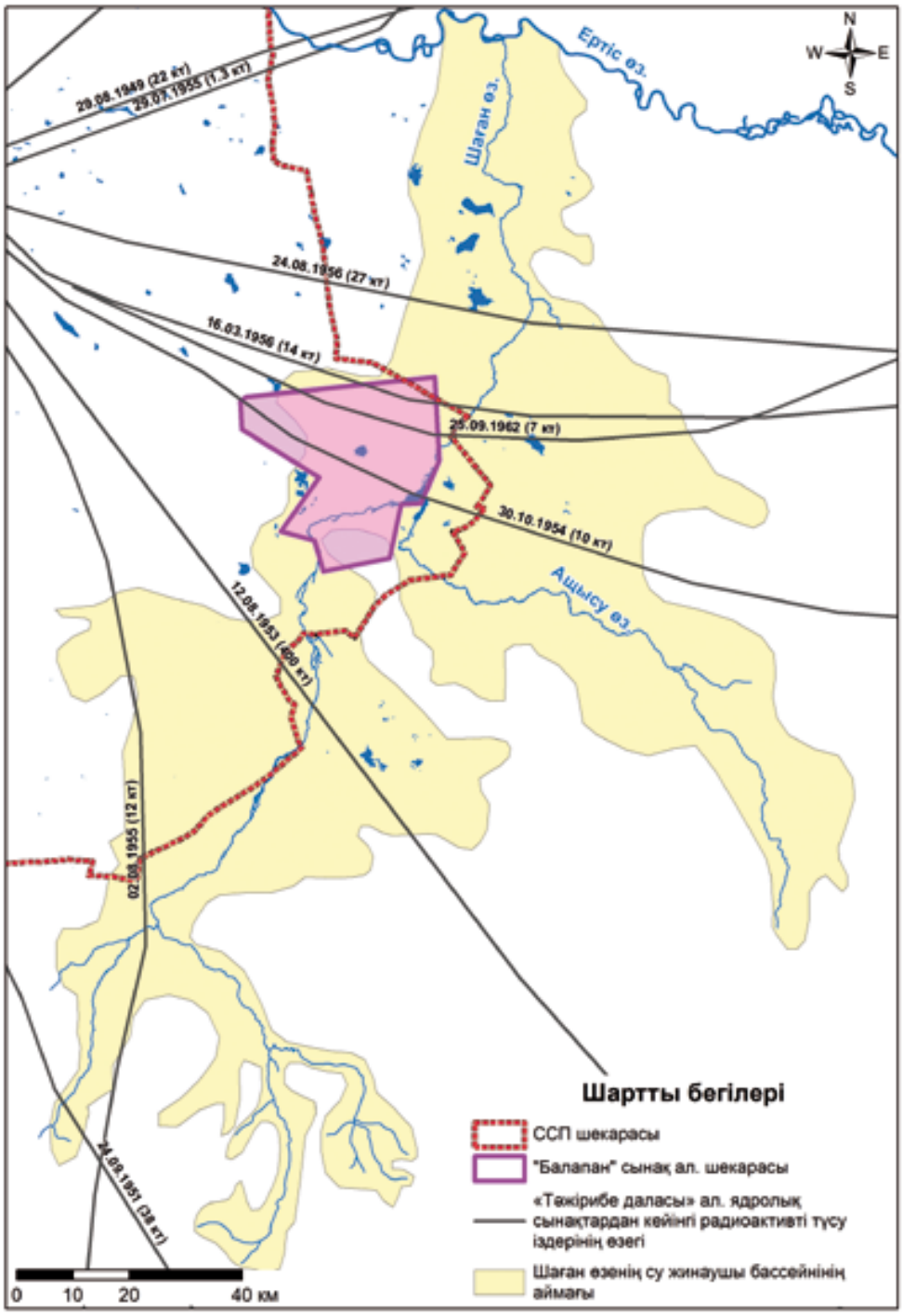


4.5-сурет. ССП іргелес аумақтардың 29.08.1949 жылғы ядролық сынақтан болған түсулердің салдарынан пайда болған радиоактивті ластану сұлбасы

Жүргізілген жұмыстардың нәтижесінде алынған деректердің талдауы зерттеліп-қаралған елді мекендердің топырағындағы жасанды радионуклидтердің орташа шоғырлануы нормативтік мәндерден аспайтынын көрсетті [48, 143]. Сол сияқты кейбір елді мекендердің шеттерінде олардың жоғары мәндері бар жерлер байқалатыны анықталған. Елді мекендердің шаруашылық қызметінің нәтижесінде олардың тереңдеуі орталық бөлігіндегі жасанды радионуклидтердің мөлшерінің төмен деңгейіне себеп болуы мүмкін.

Сынақтарды жүргізу кезінде ССП іргелес аумақтардың ластануынан басқа сынақтар аяқталған соң жасанды радионуклидтердің ССП аумағынан тыс шығу мәселесі қалады. Мысалы,

«Балапан» сынақ алаңының оңтүстік шекарасы бойынша батыстан ағатын Шаған аз сулы өзені Ертіс өзенінің сол жағалаудағы арнасы болып табылады.



4.6-сурет. Шаған өзенінің су жинайтын бассейін жері және «Тәжірибе даласындағы жерүсті жарылыстардан болған оқшау атмосфералық түсулердің іздері

ССП аумағында жүргізілген ядролық сынақтардың әсерінен Шаған өзені мен оның жағалау маңы аумағы бірнеше рет радиациялық әсерге ұшыраған. Өзеннің экожүйесінің негізгі құрауыштарының негізгі радиоактивті ластануы № 1004 ұңғымасының айналасында шоғырланған, мұнда 1965 жылы 15 қаңтарда, 178 метр тереңдікте су қоймасын жасау мақсатында экскавациялық термоядролық жарылыс жасалды [141]. Бұдан басқа, Шаған өзені суының радиоактивті ластануы тік ұңғымаларда жерасты ядролық сынақтары жүргізілген «Балапан» алаңындағы өзеннің жербеткі суларына түсетін жерасты суларына байланысты [144, 145, 146].

Көп жылғы зерттеулер Шаған өзенінің негізгі ластаушысы ^{3}H радионуклиді екенін растады. Өзен суларының радиоактивті ластануы ^{3}H тегіс таралмауымен сипатталады. Мысалы, зерттеулер нәтижелері бойынша «Атом көлінен» Шаған өзенінің Ертіс өзеніне ағып құйылатын үзіндісінде жербеткі сулардағы тритийдің әртүрлі шоғырлануымен бірнеше радиоактивті ластанған учаске бөлініп алынды. ^{3}H максималды тіркелген шоғырлануы «Атом көлінен» бастап Шаған өзенінің ағысы бойынша төмен қарай 5 км жерге келеді де 350 000 Бк/кг жетеді, бұл тұрғындар үшін нормативті мәннен 50 есеге дейін асады. Өзен суларының мұндай маңызды радиоактивті ластануы сұйық радиоактивті қалдықтардың деңгейімен салыстыруға болады. Полигонның шектерінен тыс 10 км-ге дейін өзен суларындағы ^{3}H мөлшері 10 000-нан 40 000 Бк/кг дейінгі шектерде құбылады, бұл тұрғындар үшін нормативті мәннен 1,3-5,2 есеге асады [147, 148, 149, 150, 151].

Экологиялық тізбек нәтижесінде өсімдік, жануар, ауа жататын экожүйенің құрауыштарының ^{3}H екінші рет ластануы жүреді. Қазіргі уақытта, Шаған өзенінің әсер етуші аймағында тұрғын қыстаулар мен жаздықтар бар, ауыл шаруашылығы қызметі белсене жүзеге асырылады: мал өсіру және жаю, шөп дайындау, кәсіптік қызмет дамыған (балық аулау, суда жүзетін құстарды аулау және т.б.). Алайда Шаған өзенінің учаскесін кешенді эко-

логиялық зерттеу, ССП шекарасынан бастап Ертіс өзеніне құяр жеріне дейін жүргізілген жоқ.

Сонымен, радиоэкологиялық ахуалды, ядролық сынақтардың полигонның аумағынан тыс қоршаған орта мен адамдардың денсаулығына әсерін зерттеу сынақтар басталған кезден жүргізілді, бірақ тұрақты емес сипатта болғандығын атап өтуге болады. Бірыңғай зерттеу міндеттерінің жоқ болуы, әртүрлі әдістемелерді пайдалану, зерттеулердің нәтижелерінің салыстырылмауы сияқты бірқатар факторлар алынған ақпараттың шашыраңқы болуына әкелді. Жүргізілген зерттеулер Бесқарағай ауылдық округының аумағын толық қамтымады. Сол сияқты Саржал ауылдық округының аумағы тек 12.08.1953 жылғы сынақтардан болған радиоактивті түсулер ізінің өзегінің бойымен ғана зерттеліп-қаралғандығын, ауылдық округтың аумағының толық зерттеу жұмыстары жүргізілмегендігін атап өту қажет. Алынған деректер бар радиациялық ахуалды бейнелемейді.

«Семей ядролық сынақ полигонындағы ядролық сынақтардың салдарынан зардап шеккен азаматтарды әлеуметтік қорғау туралы» ҚР Заңының 16-бабында ССП ядролық сынақтардың әсеріне ұшыраған аумақтарда, оның ішінде қоршаған ортаны ғылыми зерттеу туралы және сыртқы орта объектілері мен жергілікті өндірілетін азық-түлік өнімдеріне тұрақты бақылау жүргізу қоршаған табиғи ортаны сауықтыруға бағытталған шаралар кешенін жүзеге асыру қажеттілігі туралы айтылады. Төтенше радиациялық қатер аймағына жатқызылған аумақтар мен Шаған өзенінің учаскесін ССП шекарасынан бастап Ертіс өзенінен құйылысына дейін экологиялық зерттеп-қаралатын аумақтардың қоршаған орта объектілеріндегі радионуклидтердің мөлшері туралы өзекті деректерді алуға және қоршаған орта мен тұрғындар үшін радиациялық қауіпті бағалауға мүмкіндік береді.

Қазіргі уақытта ҚР Ұлттық ядролық орталығы қоршаған ортаның негізгі құрауыштарын республикалық бағдарламалардың жоспарларына көрсетілген аумақтарда кешенді экологиялық

зерттеуін қамту бойынша белсенді жұмыстар жүргізуде. Алынған нәтижелер осы аумақтарда қазіргі уақытта өмір сүретін тұрғындарға дозалық жүктемені бағалауға, қорытындысында ядролық полигонға жақын өмір жағдайларына кері қарым-қатынасқа байланысты әлеуметтік шиеленісті төмендетуге мүмкіндік береді.

4.2 Радиациялық мониторинг

Қазіргі уақытта ауа және су ортасы ССП аумағында ядролық сынақтарды жүргізу орындарынан радионуклидтердің жылыстауының негізгі механизмдері болып табылады. Ауа ағындарымен радионуклидтердің жылыстауы радиоактивті-ластанған топырақтың шаңтәріздес фракцияларының атмосфераға табиғи және техногенді көтерілуі мен тасымалдану салдарынан болуы мүмкін. Шаңның табиғи көтерілуі желдің жылдамдығына байланысты, техногенді көтерілу бірқатар факторларға, мысалы, адамдардың, жануарлардың, техниканың полигон аумағы бойынша қозғалуына байланысты болуы мүмкін [152, 153]. Су ортасындағы радионуклидтердің жылыстауы полигонның табиғи және гидрографиялық жолы (өзендер, су жинайтын бассейндер, омырулар) бойынша жербеткі және жерасты суларымен жасанды радионуклидтердің шығуына байланысты [154, 155].

Техногенді радионуклидтердің тасымалдану мүмкіндігін ескере отыра, ағымдағы кездегі маңызды міндеттердің бірі ауа және су ортасының сапасын зерттеу болып табылады. Бұл үшін полигон аумағында және іргелес учаскелерде ауа және су ортасының радиациялық ахуалын тұрақты бақылаулар орындалатын мониторингілеу бекеттерін құру бойынша белсенді жұмыс жүргізілуде.

Сонымен, радиациялық мониторингілеуді дамыту және оны әрі қарай жүзеге асыру мақсатында бастапқы деректерді алу, бақыланатын параметрлер мен мониторингілеу кезеңділігін анықтау, мониторингілеу бекеттерінің көлемі мен орналасу учаскелерін нақтылау бойынша жұмыстар жүргізілуде.

Радиациялық мониторингілеу

Ауа ортасын мониторингілеу жүзеге асыру үшін ССП аумағында және іргелес аумақта ауаны мониторингілеу тәулік бойғы бекеттері ұйымдастырылған. Ауа ортасын мониторингілеу ССП сынақ алаңдарының ауданында («Тәжірибе даласы», «Балапан» және «Дегелең»), сол сияқты ССП іргелес елді мекендерде (Курчатов, Долон және Саржал) жүргізіледі.

Ауа аэрозольдерінің сынамаларын іріктеп алу әртүрлі стационарлық және тасымалданбалы ауа сынама іріктегіштерімен жүргізіледі, сүзгілерді ауыстыру айына 1 рет жүзеге асырылады. Толтырылатын ауаның орташа көлемі 520 000 м^3 құрайды. Ауа аэрозольдерінің сынамаларын іріктеп алу процесі суреттерде берілген (4.7-сурет).

а) **б)**

4.7-сурет. Мониторингілеу бекеттеріндегі ауа аэрозольдерінің сынамаларын іріктеп алу: а) КИР ИГР ауа аэрозольдерін іріктеп алу; б) Курчатов қ. ауа аэрозольдерін іріктеп алу

Ауа ортасын мониторингілеу нәтижелері $^{239+240}$Pu, ^{241}Am, ^{137}Cs жасанды радионуклидтерінің ауадағы максималды шоғырлануы топырақ жамылғысына техногенді әсер ету орындарында тікелей ауада тіркеледі. Ауадағы $^{239+240}$Pu шоғырлануы аталған жағдайда 2,5×10^{-3} Бк/м^3 құрайтын РКБ$_{\text{тұрғын}}$ 10 есе асуы мүмкін. Алайда, радиоактивті-ластанған учаскеден 300 м қашықтықта жасанды радионуклидтерінің ауадағы орташа шоғырлануы 2-3 есеге төмендейді.

Жасанды радионуклидтердің сынақ алаңдарының шектерінен тыс ауа жолы арқылы таралу көлемін бағалау үшін ядролық сынақтардың эпицентрлерінен әртүрлі арақашықтықта арнайы тәжірибелік зерттеулер жүргізілді. Мысалы, «Балапан» алаңында ауа ортасындағы $^{239+240}$Pu максималды шоғырлануы 6,5×10^{-3} Бк/м^{3} жететін «Атом көлі» ластанған ернеуінің аймағында байқалады. «Атом көлінен» 5-10 км ара қашықтықта $^{239+240}$Pu ауадағы шоғырлануы 1,0×10^{-6} Бк/м^{3} деңгейінде тұр, бұл РКБ$_{тұрғын}$ деңгейінен 3 есеге төмен.

Жалпы алғанда, ядролық сынақтардың эпицентрлерінің шектерінен тыс ^{241}Am, ^{137}Cs, ^{90}Sr радионуклидтерінің орын алуы анықталған жоқ. Ауа ортасындағы мөлшерлік мәндер $^{239+240}$Pu радионуклиді үшін тіркеледі. Бақылаулар ССП барлық учаскелерінде және елді мекендерде (Курчатов қ., Долон а. және Саржал а.) ауа ортасындағы $^{239+240}$Pu тіркелетін көлемді белсенділігі 10^{-9}-дан 10^{-7} Бк/м^{3} дейін құрайтынын көрсетті. Аталған мәндер бекітілген гигиеналық нормативтердегі тұрғындар санаты үшін (РАҚ$_{тұрғын}$) рұқсатты көлемді белсенділіктен 3-5 есеге төмен және денсаулыққа қауіпі жоқ [48].

Жасанды радионуклидтердің жылыстау жолдарында ауа ортасын мониторингілеуді орындау үшін ядролық сынақтардың эпицентрлерінде – «Дегелең», «Балапан» және «Сары-Өзен» алаңдарына байланысты (2.6-бөлім. Су ортасының радиациялық ахуалы) жербеткі және жерасты суларының мониторинг бекеттері ұйымдастырылды. Мониторингілеу бекеттерінде су сынамасын іріктеп алу арнайы сынама іріктегіш құрылғы мен техниканы қолдану арқылы жүзеге асырылады (4.8-сурет).

Жүргізілген мониторинг жербеткі және жерасты суларымен ластану учаскелерінен тыс шығатын негізгі радионуклид ^{3}H болып табылатынын көрсетті. ^{137}Cs, ^{90}Sr, $^{239+240}$Pu радионуклидтерінің жылыстауы, негізінен, «Дегелең», «Балапан» және «Сары-Өзен» сынақ алаңдарының шектерінде оқшаулаумен шектеледі.

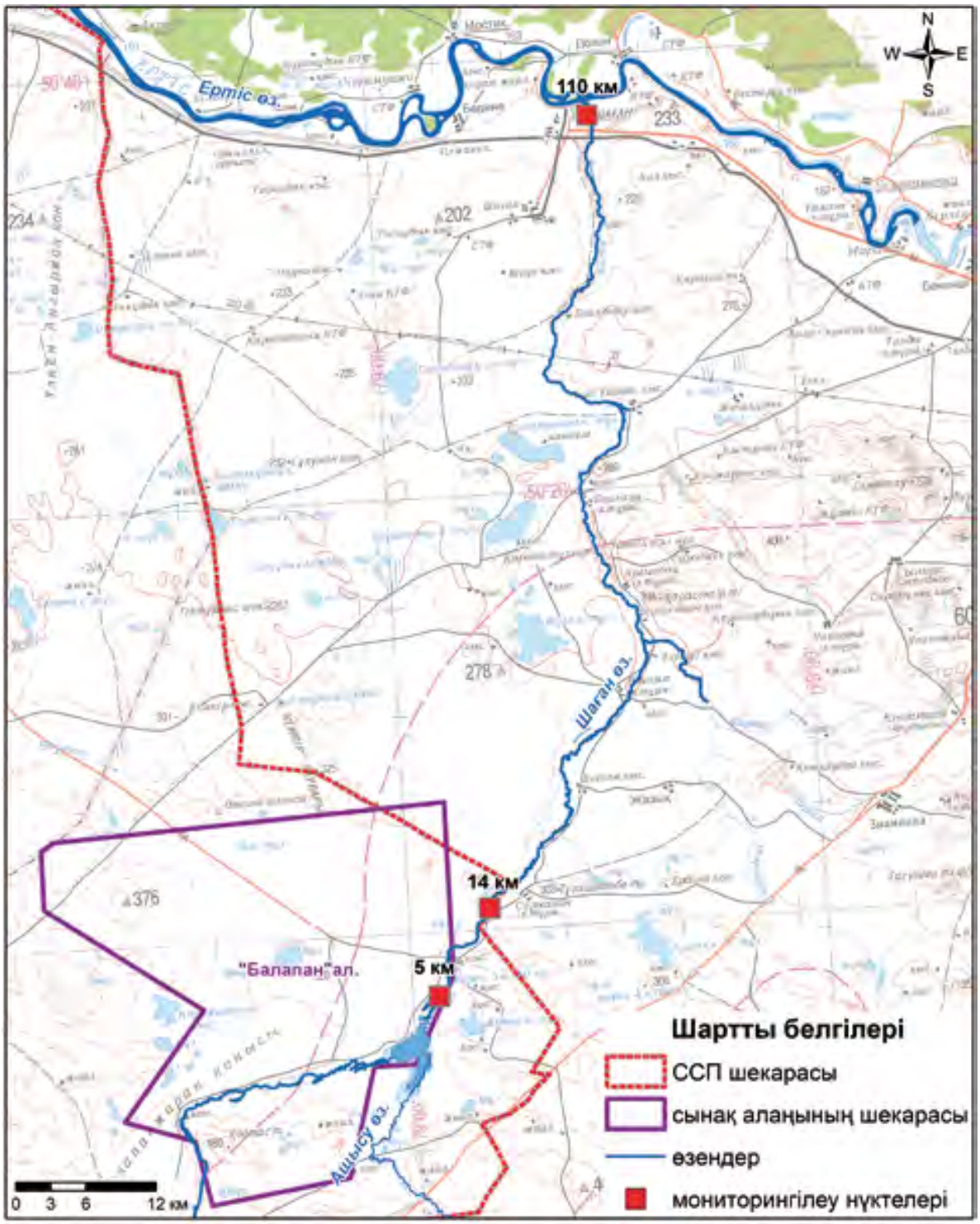
а) б) в)

4.8-сурет. Жербеткі және жерасты суларын мониторингілеу
а) жербеткі суларын іріктеу; б) жерасты суларын іріктеу;
в) жерасты суларын бақылау бекеті

Мониторингілеу нәтижелерін салыстырмалы талдауы ^{3}H судағы мөлшері жербеткі және жерасты суларын мониторингілеу бекеттерінің көбінде араласу деңгейінің мәнінен асады (7600 Бк/кг) және 20-дан 400 000 Бк/кг дейін шектерінде өзгеретінін көрсетті. ^{3}H меншікті белсенділігінің өзгеруі ұлғаю сол сияқты азаю жағына да байқалады. Осыған байланысты, мониторингілеудің жекелеген учаскелерінде су сынамасын әртүрлі маусымда: көктемде, жазда және күзде іріктеп алу туралы шешім қабылданды. Бұл радиациялық жағдайдың өзгеруінің аса жіті сипаттамасын алуға мүмкіндік берді.

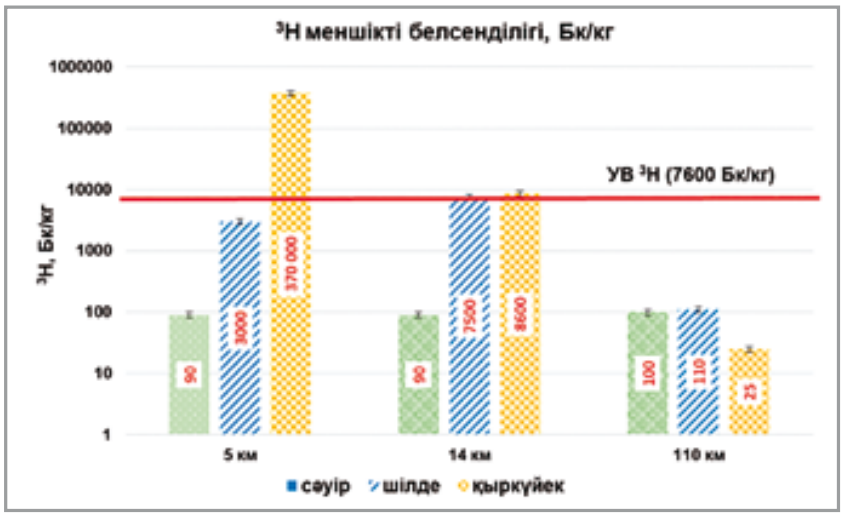
Мысалы, Шаған өзенінің арнасында, алынған нәтижелерге сүйене отыра, өзеннің ағысы бойымен төмен, «Атом көлінен» әртүрлі қашықтықта орналасқан: ^{3}H судағы максималды шоғырлану учаскесінде («5 км»), Шаған өзенінің ССП шекарасынан тыс шығу ауданында («14 км») және Шаған өзенінің Ертіс өзеніне түсу учаскесінде («110 км») 3 мониторингілеу бекеті бөлініп алынды.

Мониторингілеу бекеттері суретте берілген (4.9-сурет).



4.9-сурет. Шаған өзені суларын мониторингілеу бекеттері

Барлық үш мониторингілеу бекетінде де жербеткі суларының маусымдық іріктеп алуы жүргізілді: көктемде, жазда және күзде. Мониторингілеу нәтижелері суретте берілген (4.10-сурет).



4.10 -сурет. Шаған өзені суларын мониторингілеу

Мониторингілеу нәтижелері сәуірден бастап қыркүйекке дейінгі кезеңде ^{3}H меншікті белсенділігі көп өзгеруі мүмкін екендігін көрсетті. Аса көрнекі құбылулар ^{3}H максималды ластану учаскесі ретінде сипатталатын «5 км» бақылау бекетінде байқалады. Аса төмен құбылулар Шаған өзенінің Ертіс өзеніне құятын жерінде, «110 км» бақылау бекетінде тіркеледі. Сол сияқты ^{3}H мөлшерлік мәндері мониторингілеудің барлық бекеттерінде байқалатынын және бақылау маусымына тәуелді еместігін атап өту қажет. Бұл ^{3}H ССП шекарасынан тыс жылыстау процесінің бар екендігі туралы айтады.

Алайда, ^{3}H бойынша араласудың рұқсатты деңгейінен асатын, 7600 Бк/кг тең мәндер «5 км» және «14 км» мониторингілеу учаскелерінде байқалады. Шаған өзенінің Ертіс өзеніне құятын жерінде ^{3}H судағы шоғырлануы 25-тен 110 Бк/кг дейін құрады, бұл араласу деңгейінен көп төмен.

Радиациялық мониторингілеуді әрі қарай дамыту

Қосымша, ауа ортасының радиоэкологиялық ахуалын бақылауды әрі қарай жақсарту мақсатында радиоактивті ластанған учаскелерге жақын бағдарлық бекеттерді құру болжанады. Экологиялық жағдайдың әрі қарай өзгеруін ұзақ мерзімді болжау үшін ауаны мониторингілеудің барлық стационарлық бекеттері

метеорологиялық станциялармен, сондай-ақ ЭДҚ бақылау қондырғыларымен жабдықталатын болады.

Су ортасын мониторингілеуді дамыту бақылаулардың жүйесін, режімдік желінің құрылымын, бақылау бекеттерінің конструкциясын үнемі жетілдіруді талап етеді. Сондықтан шынайы гидрогеологиялық бастапқы деректерді алуға мүмкіндік беретін су және температура деңгейлерін өлшеу үшін автоматтандырылған аспаптармен бақылау бекеттерін жабдықтау қазіргі күнге перспективасы бар бағыт болып табылады.

Егер ауа және су ортасын мониторингілеу сынама іріктеп алу уақытында радиоактивті ластану туралы нақты ақпаратты берсе, онда аумақтың радиациялық ахуалы туралы ақпараттық аса интегралды көзі болып топырақтар мен өсімдіктерді мониторингілеу қызметін атқаруы мүмкін. Соңғысы, мысалы, жасанды радионуклидтердің шаң-борандарымен тасымалдау мүмкіндігін көрсетуі мүмкін. Сол сияқты өзінің жинақталу қабілетінің есебінен олар көрсеткішті болуы мүмкін және ұзақ мерзім ішінде су мен ауаның ластауын сипаттауы мүмкін. Мысалы, өсімдіктердің жекелеген топтары, оның ішінде ^{3}H радионуклидімен топырақасты суларының ластануы, басқалары – ауадан ^{3}H радионуклидінің шоғырландыруға қабілетті. Осыған байланысты, радиациялық мониторингілеуді әрі қарай дамыту үшін бақылау объектілері ретінде сол сияқты топырақ пен өсімдік те қосылады.

Қорытынды

ССП және оған іргелес аумақтағы ауа ортасының ағымдағы радиациялық ахуалы тұрақты және тұрғындар үшін қауіп төндірмейді, бірақ ядролық сынақтар жүргізілген сынақ алаңдарының ластанған учаскелері оған жатпайды.

Су ортасының ахуалы бойынша қазіргі уақытта жерасты және жербеткі сулардағы жасанды радионуклидтердің тұрақты емес мөлшерлері бар барлық қатерлі учаскелер анықталды деп атап

өтуге болады. Су ортасының бақыланатын негізгі параметрлері анықталды.

Семей сынақ полигонын кешенді зерттеу нәтижесінде алынған қоршаған ортаның негізгі құрауыштарының радиациялық ахуалы туралы деректер сынақ алаңдарына жақын орналасатын әкімшілік шекараларын қайта қарауға мүмкіндік береді. Осыған байланысты, радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету саласындағы мемлекеттік саясатты іске асыру мақсатында Семей сынақ полигонының болжамды шекааралары радиациялық мониторингілеудің жұмыс істеуі қажет, ол ядролық сынақтарды жүргізу аумағында радиациялық ахуалды бақылауға, ағымдағы радиациялық ахуал туралы шынайы ақпаратты алуға, радиациялық ахуалдың дамуында қолайсыз өзгерістерді уақытында анықтауға мүмкіндік береді, сондай-ақ мемлекеттік ведомстволар мен халық үшін радиациялық ахуал туралы қол жетімді ақпаратты қамтамасыз етеді.

4.3 Зерттеп-қаралған аумақтардағы радиациялық ахуалдың дамуын болжау

ССП аумағындағы жерасты суларының радиациялық ахуалының дамуын болжау

ССП аумағындағы жерасты суларының радиациялық ахуалының дамуын болжау радионуклидтермен ластанған жерасты суларының ядролық сынақтар жүргізілген жерлерден сынақ алаңдарынан тыс және ССП шекарасынан асып іргелес аумақтардың жерасты суларына түсу жолдарын анықтау мақсатында жүргізілді.

Аталған бөлімнің шеңберінде әртүрлі сынақ алаңдарындағы жерасты суларының радиоактивті ластану ерекшеліктері қарастырылған, ластанған жерасты суларының ССП ядролық жарылыс жүргізілген орындардан іргелес аумақтардың жерасты суларына түсуінің болжамды көздері мен жолдарын бұрын жүргізілген жұмыстардың нәтижелері бойынша анықтау бойынша талдау жүргізілді.

ССП сынақ алаңдарында: «Тәжірибе даласы», «Дегелең», «Балапан», «Сары-Өзен», «Ақтан-Берлі», «Телкем» алаңдарында жүргізілген ядролық сынақтардың құрамында радиоактивті өнімдері бар тау жыныстары жерасты суларының негізгі ластану көздері болып табылады.

Геологиялық құрылысы мен гидрогеологиялық жағдайлардың ерекшеліктерін ескере отыра, ластанған ағындардың ССП ядролық сынақтар жүргізілген жерлерден ауысуының болжамды жолдары арасында келесілерді бөліп алуға болады:

– сынақ алаңдарынан тыс шыққан жерасты суларының аймақтық бассейнінің құрамына кіретін жерасты жарықшақтық суларының ағындары;

– аймақтық тектоникалық омырылулар: Шыңырау, Қалба-Шыңғыс, Батыс-Арқалық, Басты Шыңғыс аймақтарына орайластырылған жарықшақты-тастамырлы жерасты суларының ағындары. Аталған омырулардың трассалары ССП сынақ алаңдары арқылы немесе олардың шекараларына тікелей жақын өтеді.

Қазіргі делювиалды-пролювиалды және аллювиалды-пролювиалды шөгінділердің қуыстық суларының таралуы шектеулі, ЖЯЖ радиоактивті өнімдерінің ССП шекарасынан тыс жылыстау процесінде маңызы жоқ және бұл бөлімде қарастырылмайды.

ССП сынақ алаңдары аумақтарының шектерінде қазіргі уақытта ұзақ уақыт өмір сүретін жасанды радионуклидтер: $^{239+240}Pu$, ^{90}Sr, ^{137}Cs және ^{3}H жерасты суларының негізгі радиоактивті ластаушылары болып табылады.

Жерасты суларының ЖЯЖ жүргізілу орындарынан ауысуы кезінде сіңіретін тау жыныстары жарықшақтықтарының беттерінде $^{239+240}Pu$, ^{90}Sr, ^{137}Cs радионуклидтерінің сіңірілуі жүреді. Оның нәтижесінде жерасты суларының осы радионуклидтерден толық тазаруы жүреді. Сонымен, жерасты суларының сынақ алаңдарының шекарасынан тыс шығатын ағындарында тритий жерасты суларының негізгі ластаушысы болып табылады.

Радионуклидтермен ластанған жерасты суларының «Тәжірибе даласы» сынақ алаңынан болжамды түсуін болжау

Атмосфералық ядролық сынақтардың жақын және алыс түсуінің нәтижесінде пайда болған радиоактивті өнімдер жерасты суларының негізгі радиоактивті ластануының негізгі көздері болуы мүмкін. Атмосфералық ядролық сынақтардың радиоактивті түсулері жылыстауының жерасты суларының деңгейіне дейінгі мүмкіндігін зерттеу «солтүстік» аумақтарды зерттеу шеңберінде жүргізілді [156]. Жұмыстардың нәтижелері радиоактивті түсулер қуаты 20 см-ге дейін болатын топырақтың жоғарғы қабатында мықты тіркелетінін және одан әрі тереңге іс жүзінде жылыстамайтынын көрсетті. Алынған деректер бұрғылау «Тәжірибе даласы» алаңының аумағында және гидрогеологиялық ұңғымалардың сынау нәтижелерімен расталды. Сонымен, ластанған жерасты суларының атмосфералық ядролық жарылыстар мен әскери радиоактивті заттектердің сынақтары жүргізілген жерлерден зерттеліп жатқан аумақтың жерасты суларына түсуі күтілмейді.

«Дегелең» алаңынан жерасты суларымен жасанды радионуклидтердің жылыстауын болжау

Көлденең тау қазындылары – штольняларда жүргізілген жерасты ядролық жарылыстардың орталық аймақтарын қосатын тау жыныстарының блоктары Дегелең таулы массивінің жерасты суларының негізгі ластану көзі болып табылады. Жерасты суларының радиоактивті ластануы қалпына келмейтін деформациялардың аймақтарына және жерасты ядролық жарылыстардың қазандық қуыстарына тікелей техногенді жарықшақтар бойынша атмосфералық жауын-шашындардың ағу нәтижесінде жүреді. Су ағындары радионуклидтерді тасымалдайды және, жарықшақтық-омырулар жүйелері мен штольнялардың ауыздары бойынша жылжи отыра, жерасты суларының бассейнін толтырады немесе штольнялар порталдарының ауданында күндізгі жер бетіне шығады.

Қуыстық жерасты сулары

Дегелең таулы массивінің жарықшақтық типті жерасты сулары палеозой жыныстарының экзогенді желдену аймақтарына орайластырылған, сайлар мен жылғалардың еңісімен сәйкес келетін беткейлердің бойымен байқалады.

Тритийдің жарықшақтық жерасты суларымен «Дегелең» алаңының шектерінен тыс жылыстауы оқшау су жинағыш бассейндердің шекараларымен шектелген. Тритиймен әртүрлі дәрежеде ластануы бар жарықшақтық сулардың ағындары Дегелең тауынан олардың ұзақтығы 20 км-ге дейін болатын бассейндердің шектерінде қоректенуі, транзиті және босауы оқшау су жинағыш бассейндерге тиесілі болуына сәйкес әртүрлі жақтарға таралады. Су жинағыш бассейндердің шекараларынан тыс жерасты суларында тритийдің жоқ болуы бұрғылау және гидрогеологиялық ұңғымаларды сынау нәтижелерімен белгіленген.

Жерасты суларының тритиймен ластануы жөніндегі болжам олардың термоядролық зарядтардан қалған және термоядролық жарылыстар кезінде тау жыныстарында өңделген мөлшері туралы деректердің жоқтығымен күрделенген. Шамамен алынған болжам үшін Дегелең таулы массивінің көп жылғы су мониторингілеу нәтижелерін пайдалануға болады, олар қазіргі уақытта ЖЯЖ орталық аймақтарынан тыс жасанды радионуклидтердің шығу және олардың аймақтық бассейннің жерасты суларына түсу жалпы алғанда тұрақталғандығын көрсетті.

Дегелең таулы массивінен тыс шығатын жерасты суларының ағындарындағы тритийдің шоғырлану мәндері түрлі бағыттарында әртүрлі. Тритийдің 260 кБк/кг дейінгі максималды мәндері Байтілес бұлағының алқабында таралған оңтүстік-шығыс бағыттардағы жерасты суларында белгіленген. Таудан алыстаған сайын тритийдің шоғырлану біртіндеп қауіпсіз деңгейге дейін төмендейді [157, 158, 159].

Дегелең таулы массивінен тыс шығатын учаскелерде жерасты суларының ^{3}H ластануын болжау үшін 1, 5, 10, 50 және 100 жыл-

дан соң есептеулер жүргізілген. ^{3}H шоғырлануы бойынша деректер 2010 жылы гидрогеологиялық ұңғымаларды сынау негізінде пайдаланылған (4.1-кесте).

4.1-кесте. Дегелең таулы массивінің шекарасында бұлақтар ауданында жерасты суларындағы тритийдің шоғырлануын болжамды есептеу нәтижелері

Зерттеу учаскесі	2019 жылдағы ^{3}H бойынша есептік деректер, Бк/кг	Болжау уақыты, жыл/Бк/кг				
		1	5	10	50	100
№ 1, Ұзынбұлақ бұлағы	63 250	61482	49092	37054	3904	234
№ 2, Қарабұлақ бұлағы	29 325	28505	22761	17180	1810	109
№ 3, Тоқтакүшік бұлағы	149 502	145321	116036	87583	9227	554
№ 4, Байтілес бұлағы	97 751	95018	75870	57266	6033	362

Кестелік деректерден көретініміз, қазіргі уақытта жерасты суларындағы ^{3}H шоғырлану мәндері араласу деңгейінің мәндерінен біршама асады, ал Байтілес және Тоқтакүшік бұлақтарының учаскелерінде – сұйық радиоактивті қалдықтардың деңгейінен асады (76 000 Бк/кг) [48]. Есептеулердің нәтижелері 100 жылдан соң барлық бағыттарда ^{3}H шоғырлануы қауіпсіз деңгейге дейін төмендейтінін көрсетті.

Жарықшақты-тастамыр жерасты сулары

Батыс-Арқалық аймақтық омырылу аймағының әсер етуші аймағы «Дегелең» алаңынан аққан жарықшақ-тастамыр жерасты суларының радионуклидтермен ластану қозғалысының негізгі мүмкін арнасы болып табылады. Оның трассасы Дегелең тауларынан тікелей жақын өтеді және Қарабұлақ бұлағының радионуклидтермен ластанған жарықшақ-тастамыр жерасты сулары орайластырылған алқабын кесіп өтеді. Қиылысу учаскесінде радионуклидтердің жерасты суларындағы шоғырлануы: ^{3}H – 30 кБк/кг және ^{90}Sr – 8,0 Бк/кг дейін жетеді [158]. Қарабұлақ бұлағының арнасына орайластырылған ластанған сулардың болжамды түсуін бағалау үшін Батыс-Арқалық аймақтық омырылуының аймағының жарықшақ-тастамыр суларында гидрогеологиялық ұңғыма бұрғыланып, сыналды. Бір ұңғыма (55 Р) оның

Қарабұлақ бұлағының арнасымен қиылысқан учаскесінде бұрғыланды. Екінші ұңғыма 1ПУ-20 «Сары-Өзен» алаңының ауданында омырылу трассасында бұрғыланды. Зертханалық талдаулар 55 Р ұңғымасынан алынған су сынамаларында ^{3}Н шоғырлануы 500 Бк/кг жететінін көрсетті, бұл араласу деңгейінен көп төмен. 1ПУ-20 ұңғымасында ^{3}Н мөлшері минималды детектрленетін белсенділік мәнінен төмен, бұл ластанған сулардың солтүстік-батыс бағыттағы омырылу аймағы бойынша түсуінің жоқтығы туралы айтады.

Сонымен, Дегелең таулы массивінен ластанған жерасты суларының ССП шектерінен тыс түсуі күтілмейді.

Жерасты суларының қазіргі ахуалын зерттеу нәтижелері, сондай-ақ болжамды радионуклидті ластанудың мүмкін өзгеруін болжау бойынша «Дегелең» алаңының ауданында жерасты суларының тритиймен радиоактивті ластану деңгейлері бойынша аудандастыру жүргізілді (4.11-сурет).

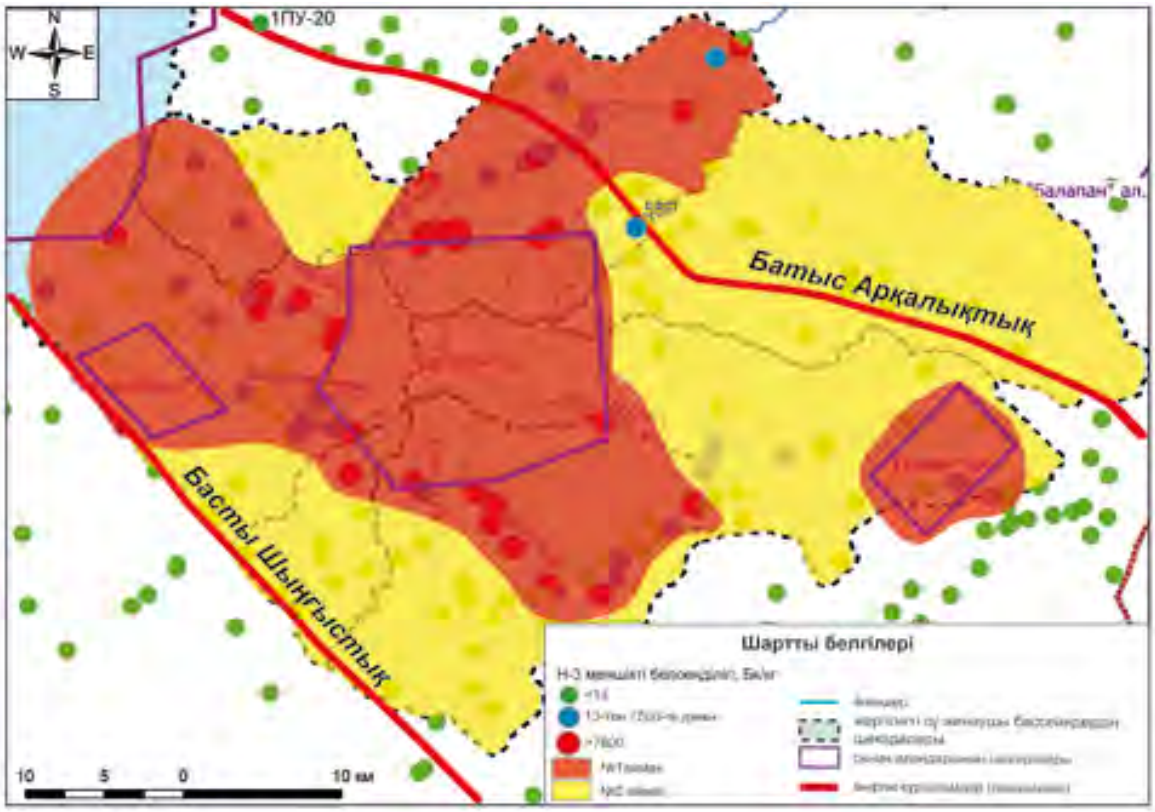
Жалпы алғанда, «Дегелең» алаңына іргелес аумақты жерасты суларының ластануын болжау бойынша үш аймаққа бөлуге болады:

№ 1 аймақ (қауіпті аймақ). Аталған аймақтың шектерінде жасанды радионуклидтердің шоғырлану деңгейлері тұрғындар үшін радиациялық қауіп төндіреді. Осыған байланысты, мұнда кез келген шаруашылық қызметті болдырмау ұсынылады.

№ 2 аймақ (шектеулі пайдалану). Аталған аймақтың шектерінде радиациялық ілеспе жұмыстарымен бірге шаруашылық қызметпен айналысуға болады. Негізінен, бұл пайдалы қазбаларды өндіру бойынша жұмыстарға қатысты.

Сорғыту суының сутөкпесі бар тау-кен қазындыларын жүргізу кезінде карьерлердің айналасында жерасты суларын кептіру қазаншұңқыры пайда болады, бұл жерасты суларының қозғалыс бағыттарының оқшау өзгеруіне әкелуі мүмкін. Осының салдарынан, аталған аумақтың жерасты суына № 1 аймағынан ластанған сулардың түсуі мүмкін. Осыған байланысты, аталған аумақта жұмыстарды жоспарлау кезінде қызметтің айтылған түрлерін еске-

ре отыра, арнайыландырылған радиоэкологиялық зерттеулерді жүргізуді қарастыру қажет.



4.11-сурет. Дегелең таулы массиві. Оқшау су жинайтын бассейндердің сұлбасы

№ 3 аймағы (шектеусіз). Жерасты суларының радиоактивті ластану деңгейлері бойынша № 3 аймағының аумағын қандай да бір шектеулерсіз шаруашылық қызметінгің кез келген түрлерінде пайдалануға болады.

«Балапан» алаңының ауданында жерасты суларының радиациялық ахуалын болжау

Жерасты суларының радиоактивті ластану процесі

Ұңғымаларда жүргізілген жарылыстардың қазаншұңқырлық қуыстары штольяналардағы ЖЯЖ-ға қарағанда жерасты суларының таралу деңгейінен көп төмен орналасқан. Таулы жыныстар массивінде ЖЯЖ жүргізген соң бос қуыстар мен тау жыныстарының сынықтарынан тұратын деформациялану аймақтары

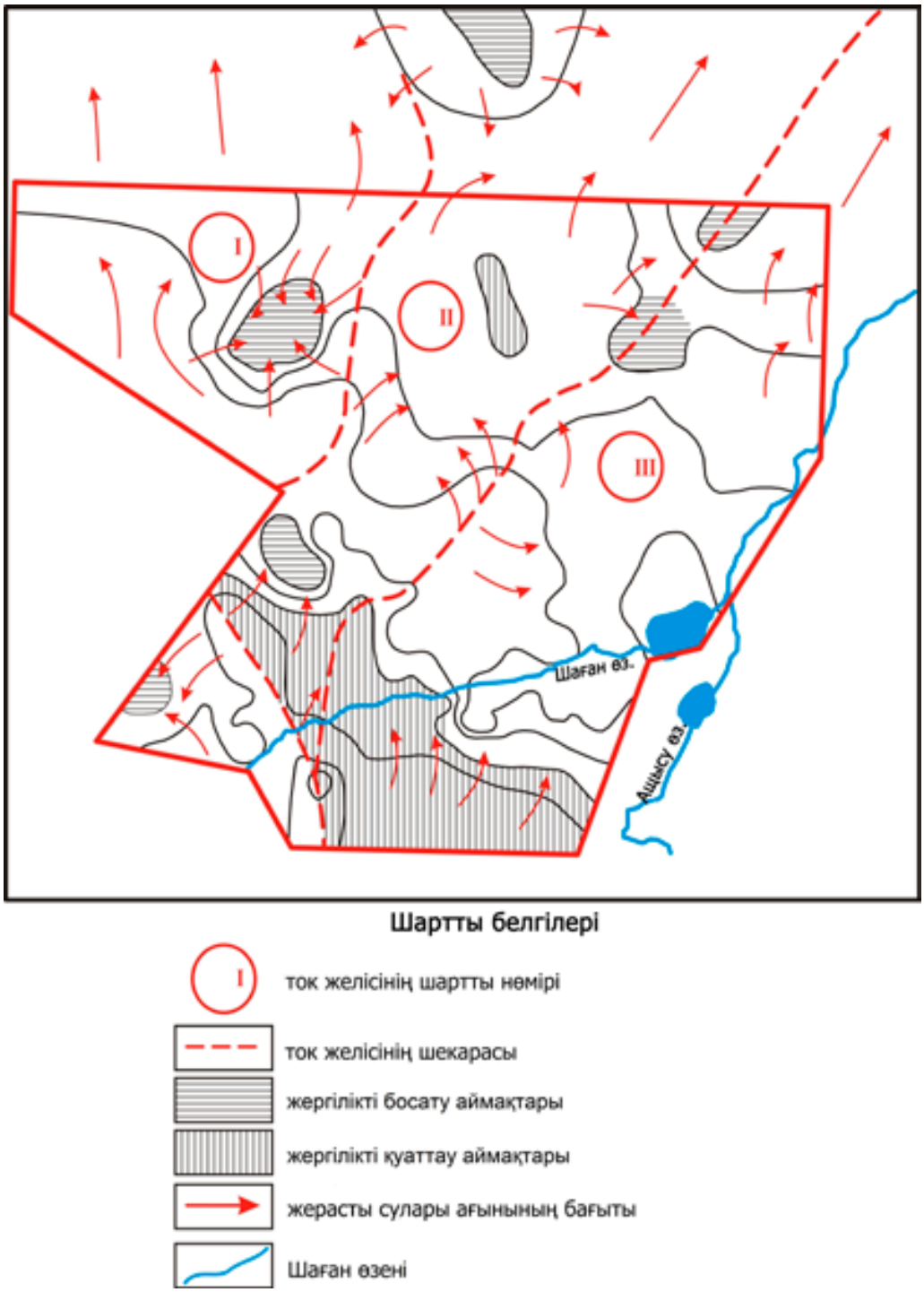
пайда болады. ЖЯЖ радиоактивті өнімдері тау жыныстарының жарықшақтары мен сынықтарының беттерінде оқшауланады. Техногенді жарықшақтардың жүйелері бойынша жерасты жарықшақ сулары деформациялар аймақтарына түседі. Қуыстағы жоғары температура қуаты 500 м дейін болатын жабылатын жыныстардың қалыңдығының бар болуына байланысты ұзақ уақыт сақталады. Жоғары температуралардың бар болуы жылу конвекциясының пайда болуына ықпал жасайды. Аталған жағдайда, ядролық жарылыс қуысы табиғи гидротермаларға ұқсас қызмет жасайды. Қуысқа жеткен соң сулар ысиды, химиялық элементтер мен радионуклидтерді ерітеді де, солармен бірге олардың әрі қарайғы жылыстауы жүретін сулы көкжиекке қайтады.

Жасанды радионуклидтердің жарықшақ сулармен жылыстауы

«Балапан» алаңында аймақтық бассейннің жарықшақ сулары палеозой жыныстарының экзогенді жарықшақтану аймағында жиналған 4-тен 70 м дейінгі әртүрлі тереңдікте жатыр. Жерасты сулары қозғалысының негізгі бағыты – солтүстік-шығысқа, 0,002 дейінгі еңіспен. Жерасты суларының алаң бойынша қозғалысы гидравликалық еңістің жеткілікті аз көрсеткіші мен сүзгілеудің төмен жылдамдығы кезінде жүзеге асырылады. Алаң аумағының көп бөлігінде жерасты сулары ағындарының шығыны – 1 $м^3$/тәул кем. Шығындардың максималды көрсеткіштері – 2 $м^3$/тәул дейін – жерасты суларының қоректену жері оқшауланатын алаңның тек оңтүстік бөлігінде ғана байқалады [160].

Сүзгілеу ағынының құрылымы алаңның шектерінде біртекті емес – аймақтық фонда жоспарда үш салыстырмалы байланысқан тоқ лентасы бөлініп алынады, суретте оларға 1-3 нөмірлері берілген (4.11-сурет).

«Балапан» алаңының шекарасынан тыс жерасты суларының тритиймен ластануының түсуі ток желісінің құрылымындағы ағындар қозғалысының ерекшеліктеріне тікелей байланысты.



4.12-сурет. Жерасты суларының сүзгіштің ағынының құрылымы

Алаңның солтүстік-шығыс бөлігінде (№ 1 ток желісі) сүзгілеуші ағын жамылғы шөгінділерінің минималды қуаты кезінде палеозойлық іргетастың жоғарғы көрсеткіштерінде қалыптасады. Ағынның құрылымы жұмыс істеп тұрған Қаражыра кенорнының

көмір карьерінен ағатын сутөкпесімен байланысқан оқшау депрессиямен күрделенген. Аталған алаңда бір ғана № 1071 «әскери» ұңғымасы орналасқан. Осы ұңғымадан ластанған ағын сутөкпенің депрессиялық қазаншұңқырының әсер етуші аймағына түседі. Осыған байланысты, аталған ағынның «Балапан» алаңының шектерінен тыс шығуы күтілмейді.

Тәжірибе даласының орталық бөлігінде № 2 ток желісі бөлініп көрінеді. Іргетастың жату тереңдігі мәндердің орташа көрсеткіштерімен сипатталады. Алаңның солтүстік шекарасынан тыс сулы көкжиектің бедерінің салыстырмалы белгілерінің жоғарылуы жүреді. Осыған байланысты, ағын № 3 ток желісінің жағына қозғалыс бағытын өзгертеді. Аталған желінің шектерінде 50-ден астам «әскери» ұңғыма орналасқан. Алаңның солтүстік-шығыс бөлігіндегі жарықшақты сулардағы тритийдің шоғырлануы 4800 кБк/кг жетеді [161]. Жерасты суларында тритийдің шоғырлануының жақын жүз жылда өзгеруін болжау кестеде берілген (4.2-кесте).

4.2-кесте. «Балапан» алаңының солтүстік-шығыс бөлігінің жерасты суларындағы тритийдің шоғырлануын болжамды есептеу нәтижелері

Зерттеу учаскесі	2019 жылдағы ^{3}H бойынша есептік деректер, Бк/кг	Болжау уақыты, жыл/Бк/кг				
		1	5	10	50	100
Балапан, № 2 ток желісі	4800000	4537399	3623014	2734631	288090	17290

Токтың осы желісінің жерасты сулары тритиймен аса көп ластанған, бірақ, тіпті 100 жылдан соң да олар қауіп төндірмейді, изотоптың радиоактивті ыдырауын ескере отыра, оның жаңа жерасты суларымен араласуы жүретін болады.

Учаскенің оңтүстік-шығыс контурының бойымен, Шаған өзенінің арналық ағынымен сәйкес келетін бағытта № 3 ток желісі бөлініп көрінеді. Оның орналасуы құрылымдық жағынан палеозойлық іргетастың аса төмен көрсеткіштеріне және жабынды шөгінділердің максималды қуатына орайластырылған. № 3 ток

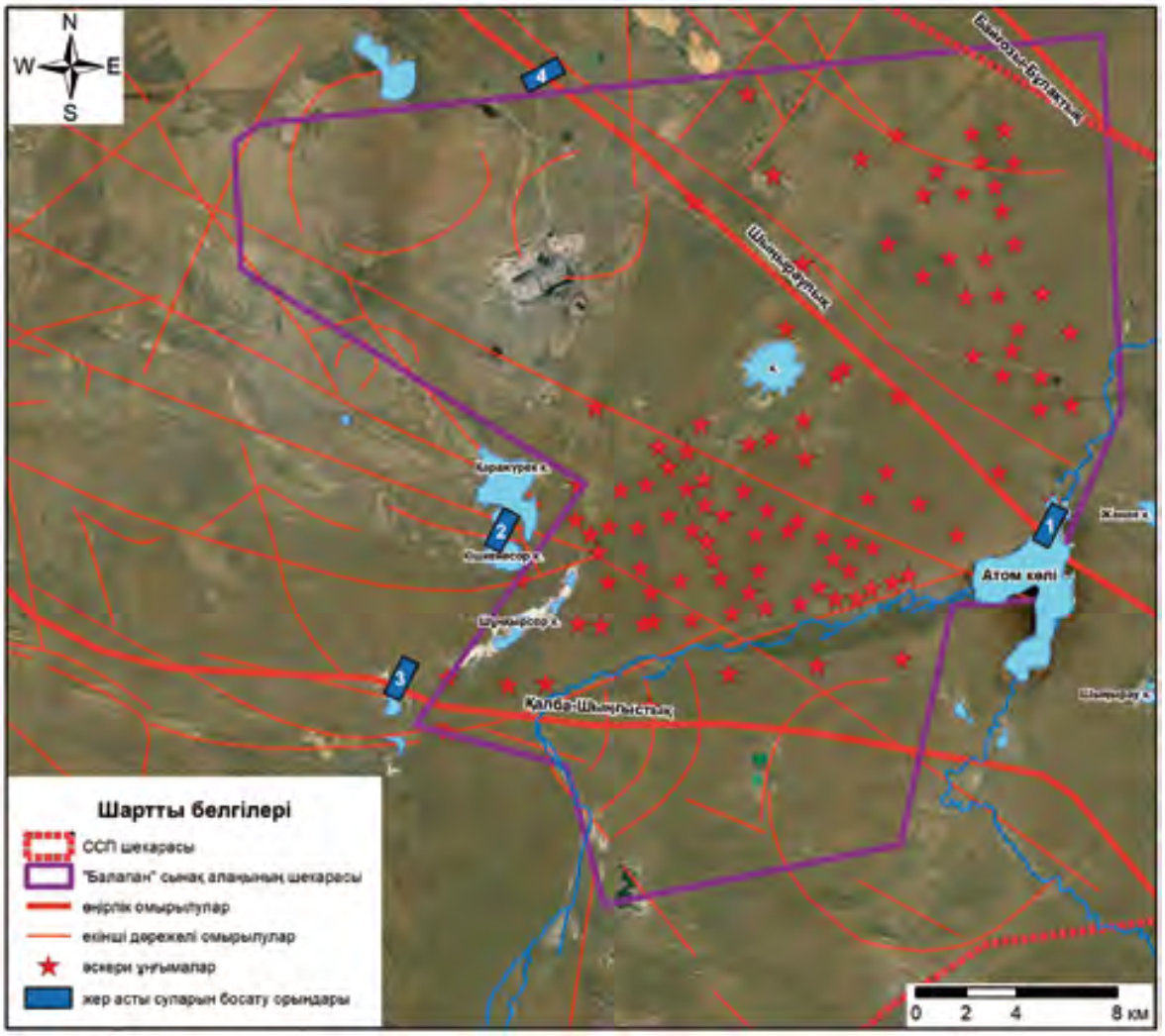
желісінің жерасты суларының бір бөлігі Шаған өзенінің жербеткі суларына түседі. Толу учаскесі «Атом көлінен» өзеннің шыққан жерінен соң басталады және әрі қарай ағыс бойынша 8 км төмен созылады. Жұмыстардың деректері бойынша [161] сол жақ жағалауда кезекпен кезек анық көрінетін түсулердің оқшау аралықтары мен ^{3}H белсенділігінің өсуі және тұрақты жоғары және төмен мәндері бар үзінділер бөлініп көрінеді. 44 000 Бк/кг шектеріндегі меншікті белсенділігі бар ^{3}H (4,7-7,8 км) максималды мәндерінің аралықтары тіркеледі.

4.3-кесте. Шаған өзенінің жербеткі суларына құйылу учаскесіндегі жерасты суларындағы тритийдің шоғырлануларын болжамды есептеу нәтижелері

Зерттеу учаскесі	2019 жылдағы ^{3}H бойынша есептік деректер, Бк/кг	Болжау уақыты, жыл/Бк/кг				
		1	5	10	50	100
Шаған өзені	44000	41592	33211	25067	2641	158

Жарықшақтық-тастамыр сулармен жасанды радионуклидтердің жылыстауы

«Балапан» алаңы ұсақшоқылықпен қоршалған диаметрі шамамен 20 км болатын қазаншұңқыр ретінде берілген. Аумақтың көп бөлігінде жарықшақтық сулардың ағысы қатты, қуаты 80 метрге дейін жетеді. Осыған байланысты, жарықшақтық сулардың бір бөлігі «Балапан» алаңының аумағында тектоникалық жаншылуларға: Жанандық, Қарағайлы, Шыңырау, Қалба-Шыңғыс және т.б. (4.13-сурет) орайластырылған жарықшақтық-тастамыр арналар бойынша жербеткі суайдынына құйылады.



4.13-сурет. «Балапан» алаңының тектоникалық омырылулардың сұлбасы

Жанандық омырылу солтүстік-батыста созылып жатыр, «Балапан» алаңының «әскери» ұңғымалардың эпицентралды аймақтарында тритийдің максималды шоғырлауының 1200-ден 4800 кБк/кг дейін белгіленген солтүстік-шығыс бөлігі бойынша өтеді. Бұл омырылу Шаған өзенінің «Атом көлінен» 4 км-дегі арнасын кесіп өтеді. 4,7-ден 7,8 км дейінгі кесіп өту учаскесінде омырылудың әсер етуші аймағы бойынша жарықшақтық-тастамыр суларының өзеннің жербеткі суларына құйылуы жүреді. 2019 жылы тритийдің шоғырлануы 350 кБк/кг дейін құрады [162].

Жақын 100 жылдықта жерасты суларындағы тритийдің шоғырлануының өзгеруін болжау кестеде берілген (4.4-кесте).

4.4-кесте. Жанандық омырылудың жарықшақтық-тастамыр суларындағы тритийдің максималды шоғырлануының өзгеруі

Зерттеу учаскесі	2020 жылдағы ^{3}H бойынша есептік деректер, Бк/кг	Болжау уақыты, жыл/Бк/кг				
		1	5	10	50	100
Жанандық омырылу	350000	333000	265900	200700	21100	1300

Кестеден көргеніміздей, аталған көлдің суындағы ^{3}H шоғырлану тіпті 50 жылдан соң араласу деңгейінен асатын болады [48].

Қарағайлы омырылу «Балапан» алаңы арқылы оңтүстік-батыстан солтүстік-шығысқа қарай өтеді. Аталған омырылудың трассасына көптеген ілеспелі және аса ұсақ тектоникалық омырылуларды қоршауына байланысты. Аталған омырылулардың әсер етуші аймағы бойынша «Балапан» алаңының батыс шекарасының шектерінде орналасқан Қаражүрек, Кішкенесор және Шұңқырсор көлдерінің жербеткі суларын қоректендіру жүреді. Жербеткі сулардың максималды ластануы ^{3}H белсенділігі 350 кБк/кг жететін Кішкенесор көлінде анықталған [2]. Тритийдің шоғырлануының өзгеруі бойынша болжам кестеде берілген (4.5-кесте).

4.5-кесте. Кішкенесор көлінің суларындағы тритийдің максималды шоғырлануының өзгеруі

Зерттеу учаскесі	2020 жылдағы ^{3}H бойынша есептік деректер, Бк/кг	Болжау уақыты, жыл/Бк/кг				
		1	5	10	50	100
Кішкенесор көлі	260000	249730	199400	150510	15860	950

Кестеден көрінгендей, аталған көлдің суындағы ^{3}H шоғырлануы тіпті 50 жыл өткен соң да сұйық радиоактивті қалдықтардың деңгейінен екі есе асатын болады.

Шыңырау омырылуы «Балапан» алаңының орталық бөлігі арқылы солтүстік-батыста созылып өтеді. Аталған омырылудың әсер етуші аймағында «әскери» үңғымаларда 5 ЖЯЖ өткізілген. Алаң аумағындағы омырылудың жерасты суларындағы тритийдің шоғырлануы 160 кБк/кг жетеді. Омырылу аймағы бойынша ластанған жерасты суларының болжамды жылыстауын бағалау үшін

оның алаңның шекарасынан тыс шығу учаскесінде өзіне геофизикалық және бұрғылау жұмыстарын қамтыған зерттеулер жүргізілді. Бұрғыланған ұңғыманы сынау нәтижелері аталған учаскедегі тритийдің шоғырлануы 0,750 кБк/кг құрайтынын, бұның араласу деңгейінен көп төмен екендігін көрсетті [161].

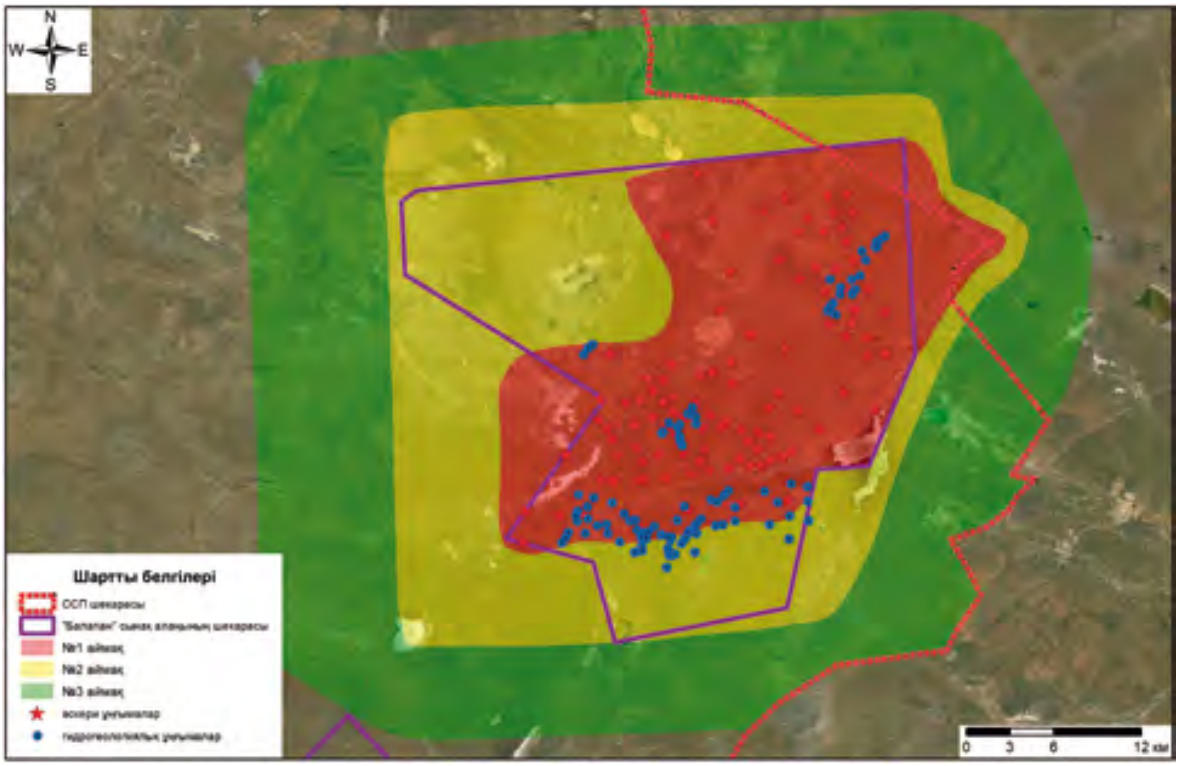
Қалба-Шыңғыс омырылуы «Балапан» алаңының оңтүстік бөлігі арқылы солтүстік-батыста созылып өтеді. Аталған омырылудың әсер етуші аймағында «әскери» ұңғымаларда 5 ЖЯЖ өткізілген. Алаңның аумағында омырылудың жерасты суларындағы тритийдің шоғырлануы 560 кБк/кг жетеді [161].

Омырылу аймағындағы жерасты суларының ахуалын зерттеу шеңберінде оның «Балапан» алаңының оңтүстік-батыс шекарасының шектерінен тыс шығу учаскесінде нәтижесінде төрт гидрогеологиялық ұңғыманы бұрғылау үшін жерлер таңдап алынған геофизикалық зерттеулер жүргізілді. Зертханалық талдаулар нәтижелері бойынша тритийдің шоғырлануы 200 Бк-кг құраған 63 Р және 64 Р ұңғымаларынан басқа ұңғымадан алынған су сынамаларында жасанды радионуклидтердің белсенділігі минималды детектрлену белсенділігінің мәндерінен төмен тұр, бұл араласу деңгейінен аса көп төмен [164].

«Балапан» алаңын жерасты суларының ахуалы бойынша аудандастыру

Жерасты суларының қазіргі ахуалын зерттеу нәтижелері, сондай-ақ болжамды радионуклидті ластанудың мүмкін өзгеруін болжау бойынша «Балапан» алаңының ауданында жерасты суларының тритиймен радиоактивті ластану деңгейлері бойынша аудандастыру жүргізілді (4.14-сурет).

Сонымен, жерасты суларының ластану деңгейі бойынша «Балапан» алаңының аумағында келесі аймақтарды бөліп қарауға болады:



4.14-сурет. «Балапан» алаңының аумағын аймақтау

№ 1 аймақ (қауіпті аймақ). Аталған аймақтың шектерінде жасанды радионуклидтердің шоғырлану деңгейлері тұрғындар үшін радиациялық қауіп төндіреді. Осыған байланысты, мұнда кез келген шаруашылық қызметті болдырмау ұсынылады. «Балапан» алаңының аумағында бұл аймақ «әскери» ұңғымалардың орналасу аумағын қамтиды. Одан басқа, №1 аймағына тритийдің шоғырлануы араласу деңгейінен асатын аумақтар қосылған. Бұл аумақ Кішкенесор көлінің мен Шаған өзенінің, «Атом көлінен» 20 км тең (ағыс бойынша төмен) арна үзіндісінің орналасуы.

№ 2 аймақ (шектеулі пайдалану). Аталған аймақтың шектерінде радиациялық ілеспе жұмыстарымен бірге шаруашылық қызметпен айналысуға болады. Негізінен, бұл пайдалы қазбаларды өндіру бойынша жұмыстарға қатысты. Дренажды сулардың аталған аумақтың жерасты суларына су төкпесі бар тау қазындыларынан өту кезінде № 1 аймақтан ластанған сулардың түсуі мүмкін. Осыған байланысты, аталған аумақта жұмыстарды жос-

парлау кезінде қызметтің аталған түрлерін ескере отыра, арнайы радиоэкологиялық зерттеулерді жүргізуді қарастыру қажет.

№ 3 аймағы (шектеусіз). Жерасты суларының радиоактивті ластану деңгейлері бойынша № 3 аймағының аумағын қандай да бір шектеулерсіз шаруашылық қызметінің кез келген түрлерінде пайдалануға болады.

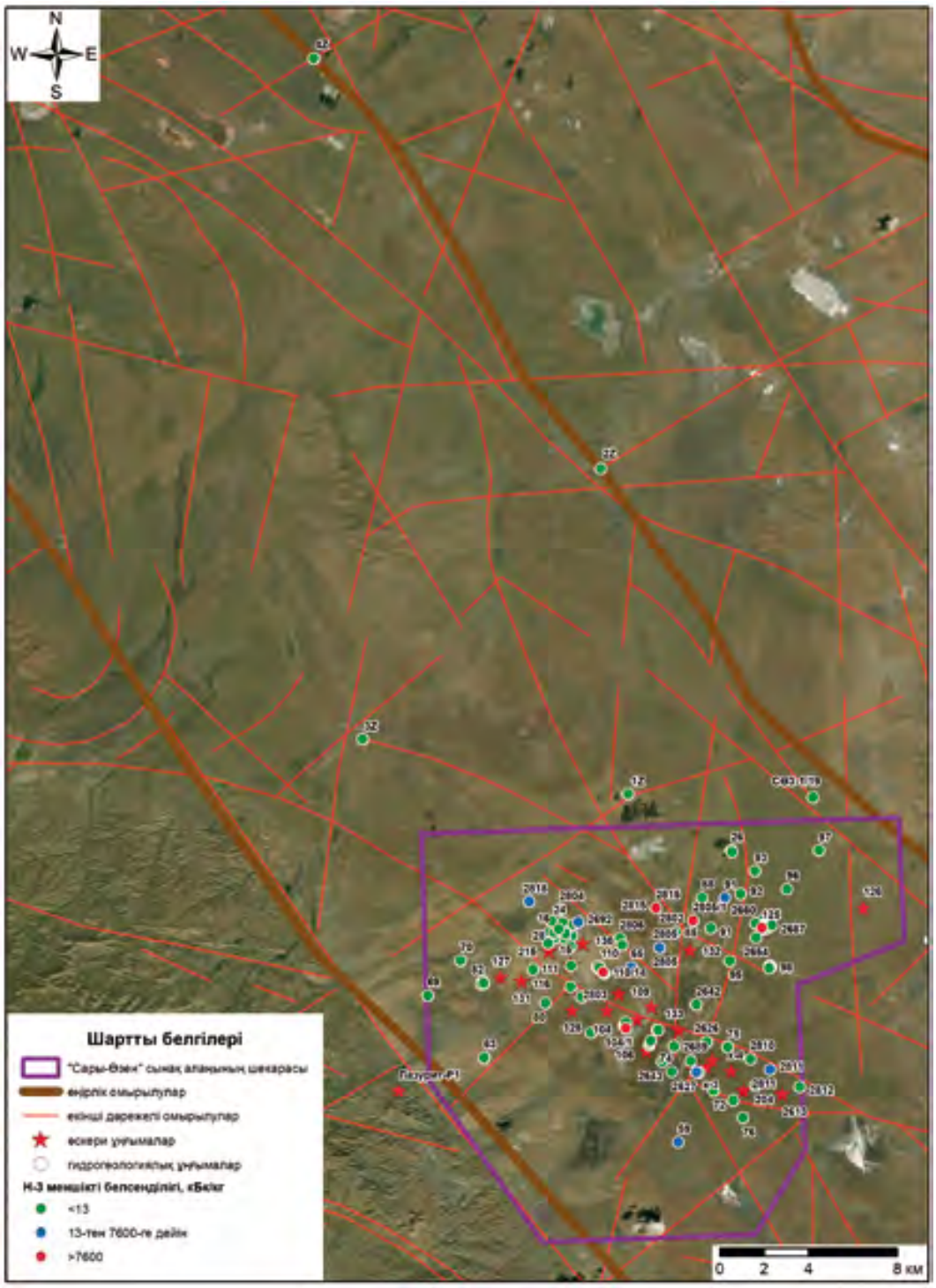
«Сары-Өзен» алаңынан жерасты суларымен жасанды радионуклидтердің жылыстауын болжау

Жасанды радионуклидтердің жарықшақтық сулармен жылыстауы

Жерасты суларының гидрогеологиялық жағдайлары мен радиоактивті ластану сипаты бойынша «Сары-Өзен» алаңы «Балапан» алаңына ұқсас. Жерасты ядролық жарылыстарының орталық аймақтарын сіңіретін тау жыныстарының блоктары жерасты суларының ластану көздері болып табылады. Сынақ алаңының аумағында тік «әскери» ұңғымаларындағы 24 жерасты ядролық жарылысы жүргізілді [8]. «Сары-Өзен» бұлағының құрғақ арнасының бойымен алаңның шектерінен тыс солтүстік бағытта шығатын палеозойлық жыныстардың жарықшақтық сулары радиоактивті ластанудың негізгі тасымалдаушысы болып табылады (4.15-сурет).

Жерасты суларының негізгі радиоактивті ластанушысы тритий болып табылады. Алаңның шектеріндегі максималды шоғырлану 500 кБк/кг жетеді [165]. Алаңның шектерінен тыс 2020 жылға дейін, ұңғымаларды сынау деректері бойынша: 1Z, 2Z, 3Z, 4Z, СУЗ-1/19, тритий шоғырлануының мәндері жерасты суларында минималды детектрленген белсенділік мәндерінен асқан жоқ. 2020 жылы СУЗ-1/19 бақылау ұңғымасынан тритийдің мөлшері 200 Бк/кг құрады, бұл ластанған жерасты суларының шебі алаңның солтүстік шекарасына жақындады. Аталған бағытта тритийдің жылыстауын болжау үшін деректер алу үшін СУЗ-1/19 ұңғымасындағы тритийдің мөлшерін бақылауды жалғастыру

қажет. Өзен арнасына орайластырылған жерасты суларының ағынында тритийдің таралу сипатын нақтылау үшін қосымша бақылау ұңғымасы бұрғыланды.



4.15-сурет. «Сары-Өзен» алаңындағы ластанған жерасты сулары шебінің ауысу сұлбасы

Жасанды радионуклидтердің жарықшақтық-тастамыр сулармен жылыстауы

Батыс-Арқалықты және Бас Шыңғыс аймақтық тектоникалық омырылуының әсер етуші аймағы «Сары-Өзен» алаңынан тыс ластанған сулардың түсуінің негізгі болжамды жолдары болып табылуы мүмкін. Батыс-Арқалықты омырылуының аймағына алаңнан ластанған жерасты суларының болжамды түсуін бағалау үшін 1ПУ-20 ұңғымасы бұрғыланды, Бас Шыңғыс омырылуының әсер етуші аймағында 1ВК-ПН-20 ұңғымасы бұрғыланды. Осы ұңғымалардан алынған судағы тритийдің шоғырлануы минималды детектрленетін белсенділік мәндерінен аспайды, бұл осы омырылулар аймақтары бойынша тритийдің жылыстауы жоқ екендігін растайды.

Қорытынды

«Дегелең» алаңы

Дегелең тауларынан тыс шығатын жарықшақтық сулардың ағындары оқшау су жинайтын бассейндерге жатқызылуына сәйкес жеке бағыттар бойынша таралады. Су жинайтын бассейндердің ұзындығы 20 км-ге дейін және жабық құрылыс болуына байланысты тритиймен ластанған жарықшақтық сулардың жылыстауы «Дегелең» алаңының шекарасынан 20 км ара қашықтықтан аспайды. Су жинайтын бассейндерде жерасты суларының шығындалуы булану нәтижесінде немесе өсімдіктермен булану нәтижесінде жүреді.

Сонымен, жерасты суларының «Дегелең» алаңынан ластанған жасанды радионуклидтермен түсуі ССП шекарасынан тыс күтілмейді.

«Сары-Өзен» алаңы

2020 жылы алаңның солтүстік-шығыс шекарасының ауданында жерасты суларында мөлшері 200 Бк/кг болатын тритий анықталды, бұл ластанған жерасты суларының шебі «Сары-Өзен» алаңының солтүстік шекарасына жақын келді. Тритийдің осы

бағытта жылыстауын болжау бойынша деректер алу үшін оның жерасты суларындағы мөлшерін қадағалау жаңа ұңғымалардың да көмегімен жалғасатын болады.

«Балапан» алаңы

«Балапан» алаңында ластанған жерасты суларының күндізгі жер бетіне шығуының екі учаскесі анықталды. Бірінші учаске Қарағайлы омырылуының әсер етуші аймағы бойынша жерасты суларының Кішкенесор көлінің 50 жылдан астам тритийдің судағы шоғырлануы араласу деңгейінен асатын суларына құйылуына байланысты. Алдын ала деректер бойынша ластанған ағындар жақын «әскери» ұңғымаларына жақын ЖЯЖ орталық аймағын сіңіретін тау жыныстарының блоктарынан келіп қосылады. Осыған байланысты, Кішкенесор көлінің орналасу аумағын ССП қор жерлеріне қосу қажет.

Екінші учаске Шаған өзенінің алқабында, «Атом көлінен» шығуынан соң ұзындығы 30 км өзен арнасының үзігінде белгіленген. Аталған үзікте тритиймен ластанған жарықшақтық сулардың «Балапан» алаңынан Шаған өзенінің жербеткі суларына құйылуы жүреді. Шаған өзенінің алқабы алаңның шекарасынан тыс, одан әрі ССП шекарасынан тыс шығады.

Қазіргі уақытта және жақын болашақта ССП жерасты суларының негізгі радиоактивті ластаушысы тритий болып табылады.

ССП шығыс шекарасының шектерінен тыс тритиймен ластанған жерасты суларының түсуінің жалғыз бағыты – бұл Шаған өзенінің алқабы болып табылады. Осыған байланысты, «Атом көлінен» 30 км-дегі өзен арнасының үзігінде кез келген шаруашылық қызмет түрін болдырмау қажет.

4.4 Жерлерді реабилитациялау

ССП жерлерін зерттеу барысында өз мәндері бойынша радиоактивті қалдықтардың (РАҚ) деңгейлеріне жететін іс жүзінде көп радиоактивті ластануы бар барлық учаскелер белгіленді. ССП радиациялық-қауіпті объектілерде радионуклидті ластанудың та-

ралу шекараларын нақтылау бойынша үлкен жұмыс жүргізілді. Ірі масштабты жаяу гамма-спектрометрияның заманауи әдістерін қолдану нәтижесінде тұрғындар үшін қауіп төндіретін және сондай учаскелердің қоршаған орта мен адамға әсерін шектейтін шараларды жүргізуді талап ететін учаскелер нақты оқшауланды. Бұлар «Атом көлі», «Сары-Өзен», «Балапан», «Телкем», «Дегелең» және «Тәжірибе даласы» алаңдары секілді объектілер, радиоактивті түсулердің іздері. Аса қауіп төндіретіні өз мәндері бойынша орташабелсенді РАҚ деңгейлеріне жететін аса көп радиоактивті ластануы бар учаскелер. Радионуклидтердің мөлшері РАҚ деңгейінде тұрған барлық жоғарыда аталған учаскелер ССП әртүрлі бөліктерінде орналасқан, бұл оларға жасайтын бақылауды күрделендіреді. Алаңдардың ұзақ өмір сүретін радионуклидтермен ластанғандығынан, ұзақ уақыт бойы (ондаған, жүздеген, ал кейбір жағдайларда мыңдаған жыл) радиациялық қауіпсіздікке бақылау жүргізу қажеттілігі бар, бұл жинақтағанда олардың аумақтық алыс болуына байланысты бұл шараның шығыны аса көп, ал оңалту шараларын жүргізу тіпті бірнеше ондаған жылдарға созылуы мүмкін. Бұл кезде осындай көп алаңдарға рұқсат ала отыра, тұрғындар өз денсаулығына қауіп төндіреді. Нақты сондықтан, ССП аумағын оңалту сұрағы өзекті болып тұр.

ССП радиациялық-қауіпті жерлерін рекультивациялау әртүрлі тәсілдермен жүзеге асуы мүмкін, оларды іріктеу, ең бірінші, нақты бір учаскенің табиғи жағдайларына және радионуклидті ластану деңгейіне тәуелді. ҚР Ұлттық ядролық орталығымен жеке радиациялық-қауіпті учаскелерді әртүрлі тәсілмен рекультивациялау әдісін өңдеу бойынша үлкен жұмыс жүргізілді.

Семей сынақ полигонының аумағында рекультивациялық жұмыстарды жүргізу перспективасы

ССП алаңында радиациялық-ластанған объектілерді зерттеу нәтижесінің негізінде жалпы алғанда объектілердің екі негізгі тобын бөліп алуға болады: антропогенді бұзылулары бар және ондай

бұзылулары жоқ объектілер. Сол сияқты топтардың әрқайсысында салыстырмалы кіші өлшемдегі (траншеялар, үйінділер, бетон құрылыстар, кішірек жербеткі радиоактивті ластану учаскелері) және ірі (қазаншұңқырлар, радиоактивті түсулердің іздері) оқшау объектілерге шартты түрде бөлуге болады.

Ластанған аумақтарда ядролық сынақтардың салдарын жою міндеті ССП байланысты аса өзекті күрделі міндеттердің бірі болып табылады.

Антропогенді бұзылулары жоқ объектілер

Антропогенді бұзылулары жоқ объектілерде радиоактивті материалдың негізгі бөлігі жербеткі қабатта шоғырланған. Мұны ескере отыра, оңалту әдісі бойынша шешімдер қабылдау үшін негізгі критерийлерінің бірі радиоактивті ластану өлшемі болып табылады.

Ластану оқшау сипатта болған жағдайда (мысалы, ӘРЗ сынағынан болған радиоактивті ластану) аса тиімді іс-әрекет жою тәсілі туралы шешімді қабылдау ластанған қабатты алып тастау болып табылады. Әлемдік іс-тәжірибеде РАҚ уақытша сақтауға бағыттау жиі пайдаланылады.

Уақытша сақтау дегеніміз РАҚ сақтау үшін арнайыландырылған объектіні (табиғи немесе техногенді) ұйымдастыру. Уақытша сақтау нұсқасын қарастыра отыра, атап өтуге болатыны: біріншіден, алынып тасталатын радиоактивті материал көлемі қойма ауданымен шектеледі, екіншіден, радиациялық бақылау қажет, үшіншіден, аталған әдіс мәселені шешпейді, оның шешілуін шегереді. Жоюдың осындай түрін таңдаудың артықшылығы жедел іс-әрекеттердің іске асырылуының қарапайымдылығы мен өңделуі болып табылады.

Ұлыбританияның іс-тәжірибесі жақсы мысал бола алады, мұнда 1953 жылдан бастап 1963 жылға дейін атмосферада ядролық қару сынақтары Маралинг ауданында – Австралияның орталығынан оңтүстігіне қарайғы жеке аумақта жүргізілді. Қуа-

ты 1-ден 27 кт дейін бірнеше ядролық жарылыстар орындалды («басты сынақтар»), сондай-ақ қуаты аз көптеген өзге де сынақтар («кішігірім сынақтар») орындалды, бұл радиоактивті материалдардың таралуына әкелді. Сынақтар Таранаки деп аталатын ауданның айналасында шамамен 130 км^2 алаңда 22 кг-дай болатын плутоний-239 мен сол көлемдегі уран-235 таралуына әкелді. 1996-2000 жылдарда аумақтарды оңалту бойынша ірі бағдарлама жүргізілді. Бұл бағдарламаның үлкен бөлігі Таранакиден топырақтың жоғары ластанған жербеткі қабатындағы құмтопырақты 260 000 м^3 тереңдікте алып тастау және көмуге арналған [166]. Ондай оңалтудың нашар жағы оны жүзеге асырудың күрделігі болып табылады (көму радионуклидтердің жылыстауы орын алмайтын жерлерде немесе РАҚ алдын ала шынылауын қолданумен жасалуы тиіс). РАҚ көму бойынша іс-әрекеттердің аяқталуы жұмыстың аталған түрінің артықшылығы болып табылады.

Әскери радиоактивті заттектердің сынақтарына орала отыра, атап өтуге болатыны – осы сынақтардың нәтижесінде «4» және «4А» алаңдарының шектерінде 30-дан астам учаскеде жергілікті жердің ластануы жүрді. Кейбір учаскелердегі радиоактивті ластану деңгейін орташа белсенді РАҚ-пен салыстыруға болады. Топырақтағы радионуклидтерді анықтау формалары, олардың жылыстау қасиеттері мен жоғары радиоактивті ластану деңгейлері осы учаскелерді ССП аумағында табиғат ортасы үшін аса қауіпті етеді. Сондықтан жақын жылдарда нақты «4» және «4А» алаңдарында рекультивациялық жұмыстардың аса көп көлемін жүргізу жоспарлануда. Рекультивациялау нәтижесінде шамамен 100 000 м^3 РАҚ алынып, көмілетін болады.

Ірі объектілерді қарастыру кезінде (мысалы «Тәжірибе даласы» алаңындағы жерүсті ядролық сынақтардан болған радиоактивті түсулердің іздері) алуды жүргізу РАҚ көлемдері оқшау объектілерге қарағанда бірнеше есе көп болғандықтан тиімді емес. Осыған байланысты, радиоактивті материалды ондай масш-

табта алу (ауданы 500 км^2 жоғары), сақтауға арналған жерді үлкен көлемде құру талап етіледі.

Мұндай жағдайда РАҚ таратпау басты міндет болып табылады. Әлемде қолданыстағы іс-тәжірибеден аталған жағдайда жер жырту және физикалық қорғау құруды пайдалануға болады. Бірінші жағдайда (жер қабатын толық айналдырып терең жырту) жердің беткі қабатында бар радиоактивті қабат (5-10 см) жердің астына аударылады (50-70 см дейін). Мұндай жер жырту кезінде жоғарғы ластанған қабат атыздың төменгі жағына түсіп, өсімдіктердің тамыр жүйесі оған жетпейді. Әдісті арзан және жылдам жүзеге асырылатындарға жатқызуға болады, бірақ ол мәселені толық шешпейді, тек адаммен, жануармен, өсімдіктермен қатынасты болдырмайды, бұл кезде радионуклидтердің жылыстауы жүреді.

Екінші нұсқа радиоактивті-ластанған объектілердің айналасында қоршау мен орлар түріндегі физикалық кедергілерді құру болып табылады. Бұл мәні бойынша жұмыстардың аталған түрі жерді жырту тәсілі сияқты мәселені шешпейді, тек жеке және ұжымдық дозалық жүктемені азайту үшін тұрғындар мен жануарлардың өтуін шектеу бойынша іс-әрекеттер ғана бола алады. Әдіс арзанырақ, жүзеге асыруда бетон жабындыларды құру бойынша жұмыстарға қарағанда қарапайым және жылдам, бірақ сонымен қатар тұрғындардың радиациялық қауіпсіздігі тұрғысында тиімділігі аз.

Жоғарыда жазылған екі әдістен антропогенді бұзылуы жоқ ірі объектілер үшін жер жырту немесе осы әдістерді біріктіру жөніндегі жұмыстар аса тиімді болады.

Антропогенді бұзылуы бар объектілер

Антропогенді бұзылуларсыз объектілер сияқты оңалту бойынша шешімдерді қабылдау үшін негізгі критерийлердің бірі радиоактивті ластану өлшемі болып табылады.

Объектінің салыстырмалы кіші өлшемдері болған жағдайда антропогенді бұзылуларсыз сияқты алып тастауды қолдануға болады, алайда бірқатар жағдайларда техникалық конструкцияның күрделігіне байланысты немесе тереңдікте РАҚ анықтап алып тастау бойынша жұмыстарды техникалық жағынан жүзеге асыру күрделі болады, сондай-ақ персоналды қайта оқыту мүмкіндігін тудырады. Бұл жағдайда бетон саркофагтар түріндегі физикалық кедергілерді құру бойынша жұмыстарды жүргізу аса тиімді. П-2М техникалық алаңындағы физикалық кедергілерді құру бойынша жұмыстар жақсы мысал болуы мүмкін. Аталған аумақта гидроядролық және гидродинамикалық сынақтар жүргізілді. Аталған тәжірибелердің салдарынан жерастында 1-ден 4 метрге дейінгі топырақтың радиоактивті ластануы орын алды. Тұрғындар мен жануарлардың өтуін шектеу үшін Қазақстан Республикасының Ұлттық ядролық орталығы РАҚ өтуді шектейтін темірбетон құрылыстарды жасау бойынша жұмыстар жүргізді.

Ластанудың оқшау учаскелерінен басқа радиоактивті ластанудың жеткілікті үлкен аумақтары бар. Мұндай объектілерге жерүсті ядролық сынақтардың нәтижесінде пайда болған және құрамында РАҚ аса үлкен мөлшері бар «Атом көлі», «Телкем», қазаншұңқыр жатады. Мұндай объектілерде ядролық сынақтардың зардаптарын жоюы бар жағдай антропогенді бұзылулары жоқ объектілерге қарағанда күрделірек. Бұл радиоактивті материалдың үлкен мөлшері топырақтың жербеткі қабатында емес, қазаншұңқырдың ернеу аймағында, бірнеше ондаған мерге дейінгі тереңдікте тұр. Бұл радиоактивті құмтопырақты алу процесін едәуір қатты күрделіндіреді. Әлемдік іс-тәжірибеде мұндай объектілерді жоюдың негізгі 2 түрін бөліп алуға болады: соңынан жоюымен радиоактивті материалды алу және радиоактивті материалды көму.

Бірінші нұсқа жоғарыда қарастырылған, оған жеке атап өткіміз келетіні, сол сияқты РАҚ көлемінің «іздерімен» болған жағдайдағы секілді бір ретке, басқа жағдайда оқшау объектілерге қарағанда екі немесе үш ретке көп. Осыған байланысты, осындай

көлемде радиоактивті материалды алу да уақытша сақтау жағдайында сақтауға арналған ауқымды алаңды құруды талап етеді.

Екінші нұсқа қандай да бір радиоактивті материалды алуды қарастырмайды, тек оның қазаншұңқырда шоғырлануын және бетон қалпақ түріндегі физикалық қорғауды құру ретінде берілген. Оңалту іс-әрекеттерінің мұндай түріне жақсы мысал ретінде Тынық мұхитында орналасқан, 1948 жылдан бастап 1958 жылға дейін Америка Құрама Штаттарының шамамен 43 ядролық қару сынағын жүргізген Эниветок атолласы аралдарын зарарсыздандыру бойынша жұмыстарды алуға болады. 1977 жылы 15 мамырда Америка үкіметі аралды зарарсыздандыру үшін әскер жіберді. Бұл 85000 м^3 ластанған топырақ пен әртүрлі аралдан құрылыс қоқсығының атоллдың шығыс жағында аралдағы жарылыстан соң пайда болған кратерлердің бірінде көмуімен араласуы арқылы жасалды. Кратер 7,5 м биіктіктегі топырақ үйіндісі болғанға дейін көму жалғасты. Кратер сосын қалыңдығы 43 см бетон жабындымен жабылды. [167]. Бұндай шешімнің жақсы жағы қарапайымдылығы мен жұмыстарды жүзеге асырудың жылдамдығында.

Сол сияқты аталған объектілер үшін бұрын сипатталған тәсіл – қазаншұңқырда радиоактивті материалдарды шоғырландырусыз объектілерді қоршау (немесе орлар) түріндегі физикалық қорғауды құру.

ССП жұмыстардың барлық оңалту шараларын аяқтаған соң баруды шектеудің құрылған жүйелерінің (физикалық кедергілер) тұтастығын ұстап тұру, сондай-ақ су және ауа ортасының радиациялық мониторинг жүйелерін құруда жатыр, бұл ССП аумағында радиациялық ахуалды бақылауға мүмкіндік береді.

4.5 Жерді қазіргі заманғы пайдалану

ССП жабылған сәттен бастап оның жерлері өнеркәсіптік, өндіруші, көлік және ауыл шаруашылығы қызметін жүргізу үшін заңды және жеке тұлғалардың субъектілерімен белсенді пайдаланыла бастады.

Осы қызметті жүзеге асыру үшін «Атом энергиясын пайдалану туралы» Қазақстан Республикасының Заңына және «Рұқсаттар және хабарламалар туралы» Қазақстан Республикасының Заңына сәйкес лицензия алу қажет [168, 169]. Сонымен бірге, Қазақстан Республикасы Жер кодексінің 143-бабының 3-тармағына сәйкес ядролық қару сынақтары өткізілген жер учаскелерін ядролық қару сынақтарының салдарын жою және кешенді экологиялық зерттеу жөніндегі барлық іс-шаралар аяқталғаннан кейін, мемлекеттік экологиялық сараптаманың оң қорытындысы болған кезде ғана Қазақстан Республикасының Үкіметі меншікке немесе жер пайдалануға бере алады [170].

Лицензиялық талаптарды және радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету мақсатында полигонда шаруашылық қызметті жүргізу кезінде радиациялық бақылау және мониторингілеу жүргізіледі. Кәсіпорын қызметінің ерекшелігіне байланысты, сондай-ақ радиоактивті ластанудың ықтимал көздерін ескере отырып, бақыланатын параметрлерді, дала жұмыстарының көлемін, зертханалық талдауларды және мониторингілеу кезеңділігін айқындау үшін радиациялық бақылау мен мониторингтің арнайы бағдарламасы әзірленеді.

Қазіргі уақытта полигон аумағында санкцияланған шаруашылық қызметті уәкілетті орган берген лицензияларға сәйкес түрлі компаниялар жүргізеді.

Өнеркәсіп саласы «Балапан» алаңының аумағында өнеркәсіптік қалдықтар (күшән) қоймасы бар «Қазцинк» ЖШС металлургия кешенінің қызметімен негізделген.

Өндіру саласы «Қаражыра» және «Қаражал» екі ірі кен орындарынан тұрады, оларда «Қаражыра» АҚ және «Үлбі металлургия зауыты» АҚ («ҮМЗ» АҚ) әртүрлі мердігерлік ұйымдардың қатысуымен тас көмір мен флюорит кенін өндіреді.

Көлік саласы теміржол және автокөлік ұйымдарының өндірілетін өнімді тасымалдауына байланысты.

«Қаражыра» ірі көмір кен орны Семей қаласынан оңтүстік-батысқа қарай 130 км жерде, «Балапан» сынақ алаңы шегінде ССП аумағында орналасқан. Кен орнын игерумен, тас көмірді өндірумен және сатумен «Қаражыра» АҚ айналысады.

4.16-сурет. «Қаражыра» АҚ-да тас көмір өндіру

Көмір карьерінің аумағында «Қаражыра» АҚ-мен бірлесіп аршу, бұрғылау-жару, тиеу жұмыстары, кенді ұсақтау және тасымалдаумен, сондай-ақ карьерлік және арнайы техникаға сервистік қызмет көрсетумен айналысатын әртүрлі мердігер ұйымдар жұмыс істейді.

4.17-сурет. «Қаражыра» және «Қаражал» кен орындарындағы мердігерлік ұйымдардың жұмыстары

ССП аумағында орналасқан «Дегелең» сынақ алаңының жанында орналасқан «Қаражал» флюорит кен орны Шығыс Қазақстан облысында, Семей қаласынан оңтүстік-батысқа қарай 170 км және Курчатов қаласынан оңтүстік-батысқа қарай 120 км жерде

орналасқан. Пайдалы қазбаларды өндіру мен игеруді «ҮМЗ» АҚ жүзеге асырады.

4.18-сурет. ҚР ҰЯО РҚЭИ филиалы мамандарының полигон аумағындағы шаруашылық қызметті радиациялық бақылауы

ССП аумағы тек кен орындарын игеру және пайдалы қазбаларды өндіру үшін ғана пайдаланылмайды, сонымен қатар онда полигонның жарамды учаскелерін өнеркәсіптік мақсаттарда пайдалану бойынша жұмыс жүргізіледі.

Қалдықтарды сақтау үшін арнайы инженерлік құрылыс – өнеркәсіптік қалдықтар полигоны жабдықталған. Полигонда жұмыс істеу үшін барлық инфрақұрылым дайындалды. «Қазцинк» ЖШС жүзеге асырып жатқан жоба айтарлықтай табысты болды.

«Балапан» алаңынан басқа, ССП аумағында әртүрлі қалдықтарды көму үшін де пайдалануға болатын бірқатар орындар бар. «Қазцинк» ЖШС-нің өнеркәсіптік қалдықтарды көму бойынша жинақтаған тәжірибесін ескере отырып, бірқатар ұйымдар осы аумақта өнеркәсіптік қалдықтар полигонын құру мәселесін қарастыруда.

4.19-сурет. «Казцинк» ЖШС өнеркәсіптік қалдықтар полигоны

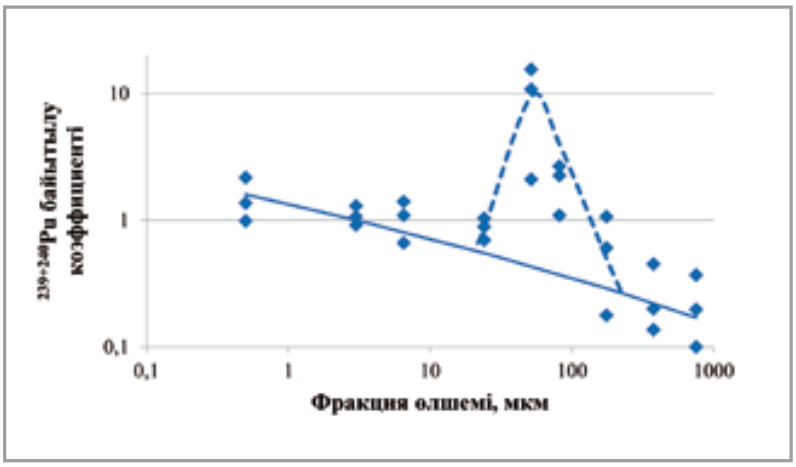
Рұқсат етілген өнеркәсіптік қызметтен басқа, полигонда металл сынықтарын жинау, мал жаю, шөп дайындау жағдайлары шартты түрде «фондық» ғана емес, сонымен қатар ластанған аумақтарда да тіркеледі. ССП аумағындағы мұндай қызмет санкцияланбаған болып табылады және осы жұмыстарды жүргізу аумағына байланысты халықтың қайта сәулеленуіне әкеп соғуы мүмкін.

4.6 Ғылыми даму перспективасы

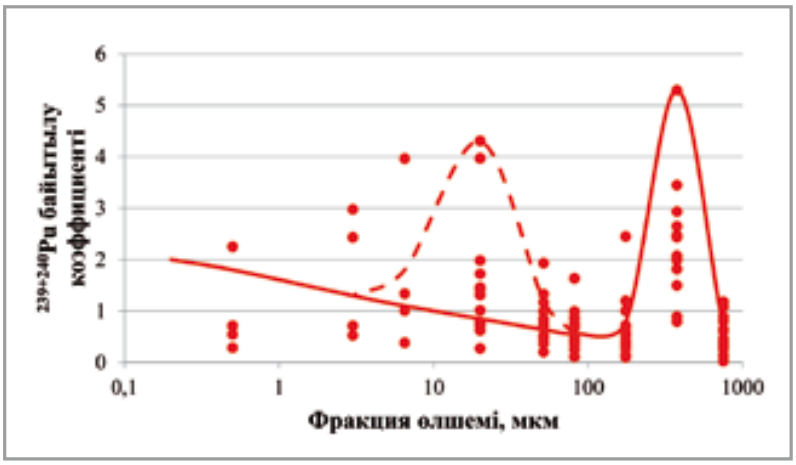
ССП аумағы түрлі зерттеулер жүргізу тұрғысынан бірегей болып табылады. Полигон ландшафтарының әртүрлілігі және радионуклидті ластанудың әртүрлі сипаты радионуклидтердің әртүрлі экожүйелердің табиғи ортасының компоненттері арасында қайта бөліну ерекшеліктерін сипаттайтын бірегей деректерді алуға мүмкіндік береді. Бүгінгі күні «су-өсімдіктер», «түптік шөгінділер-өсімдіктер», «топырақ-өсімдіктер», «топырақ-жануарлар», «өсімдіктер-ауа» жүйелерінде радионуклидтердің қайта бөлінуін сипаттайтын параметрлердің үлкен массиві алынды.

Радионуклидтердің топырақ жамылғысындағы қозғалысын – радионуклидтердің табиғи орта компоненттері арасындағы жылыстаудың бастапқы буыны ретінде зерттеуге ерекше назар аударылды. Бұрынғы сынақ алаңдарында және сынақ алаңдарына жатпайтын аумақтарда әртүрлі типтегі жасанды радионуклидтердің таралу сипаты туралы бірегей деректер және топырақтағы радионуклидтердің жылдамдығын сипаттайтын деректер (радионуклидтердің орын алу формалары, гранулометриялық фракциялар бойынша таралуы, топырақтың физикалық-химиялық қасиеттері) алынды. Топырақта жасанды радионуклидті анықтау формаларын зерттеу деректері бойынша ССП топырақ жамылғысының радиациялық ластану сипатына байланысты радионуклидтерді анықтау формаларын бөлудің өзгеруі анықталды. Сонымен қатар, нәтижелер радионуклидтердің гранулометриялық фракциялар бойынша таралуы топырақтың радиоактивті ластануының қалыптасу механизмінің көрсеткіші болып табылатынын және радиоактивті ластанудың пайда болуының диагностикалық белгісі ретінде пайдаланылуы мүмкін екенін көрсетті. Жоғары ылғалдану жағдайында радионуклидтердің ең көп жиналуы топырақтың жұқа дисперсті фракцияларында (сорбциялық-десорбциялық қайта бөлу) жүреді (4.20, а-сурет). Топырақ бетінде ядролық сынақтардан радиоактивті түсулердің болуы туралы топырақтың

тиісті дисперсиялық гранулометриялық фракциясының едәуір «байытылуы» куәландырады (4.20, б-сурет).



а)



б)

4.20-сурет. № 176 штольня ауданындағы («Дегелең» алаңы) шалғынды топырақтарда топырақтың (а) гранулометриялық фракцияларында радионуклидтердің таралуы, (б) 12.08.1953 жылғы жердегі термоядролық жарылыстың ізіндегі аридтік топырақтарда

Бұл деректер радионуклидтік талдаулардың мөлшерін қысқарту арқылы полигон учаскелерін зерттеп-қарауды оңтайландыруға мүмкіндік береді және радионуклидтер ағзаға тыныс алу ағзалары мен тері жамылғысы арқылы түскен кезде адамға дозалық жүктемені бағалау сапасын арттырады. Негізгі нәтижелер

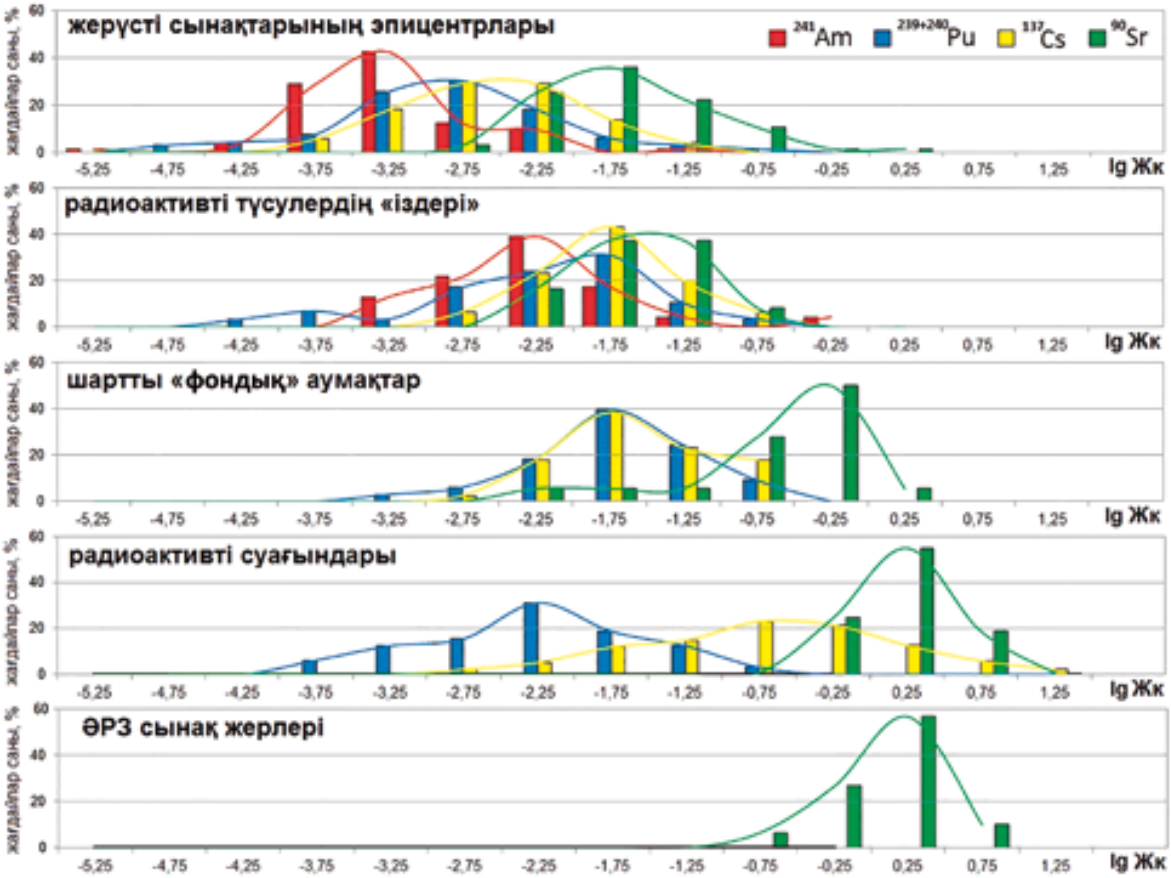
жарияланымдарда көрсетілген [171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179].

Өсімдік жамылғысын зерттеуге аз көңіл бөлінбейді. Полигонның әртүрлі учаскелері үшін радионуклидтердің топырақтан табиғи экожүйелердің өсімдіктеріне өту параметрлері белгіленген. Радиоактивті ластанудың әртүрлі түрлерімен сипатталатын ССП бүкіл аумағы үшін топырақтан табиғи экожүйелер өсімдіктеріне радионуклидтердің жинақталу коэффициенттерінің тұтас көрінісі алынды (4.21-сурет). Радионуклид үшін жинақтау коэффициенттеріндегі айырмашылықтар ^{137}Cs – 71 есеге, ^{90}Sr – 74 есеге, $^{239+240}Pu$ – 14 есеге, ^{241}Am – 11 есеге жетеді. Алайда, радионуклидтердің өсімдіктердің жиналу қабілеті бойынша төмендеуі келесі түрге ие: $^{90}Sr > ^{137}Cs > ^{239+240}Pu > ^{241}Am$. ^{90}Sr радионуклидінің жинақталу коэффициенттері ^{137}Cs радионуклидінің жинақталу коэффициенттерінен орта есеппен 8 есе және $^{239+240}Pu$ радионуклидінің 16 есеге дейін асады. $^{239+240}Pu$ радионуклидінің жинақталу коэффициенттерінің мәндері ^{241}Am радионуклидінің жинақталу коэффициенттерінен 3 есеге дейін жоғары.

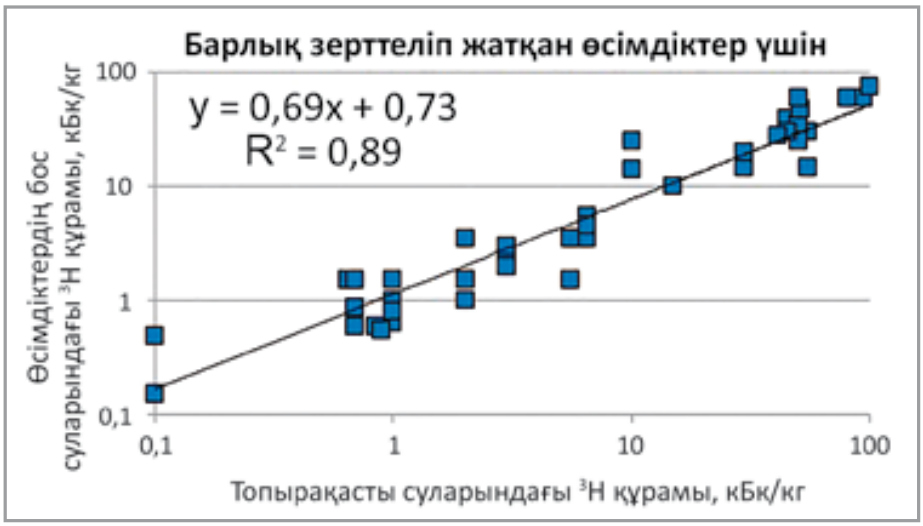
Сондай-ақ өсімдіктерді жерасты суларында тритий радионуклидінің құрамы көрсеткіштері ретінде пайдалану мүмкіндігі дәлелденді (4.22-сурет). Осы бағыттағы зерттеулердің негізгі нәтижелері жарияланымдарда келтірілген [180, 181, 182, 183, 184, 185, 186].

Сонымен қатар, полигонның жануарлар әлеміне радиоэкологиялық сипаттама берілді. Радионуклидтердің ССП жабайы жануарларының жекелеген түрлеріне өту параметрлері анықталды. Зерттеулер тәуліктік белсенділік радиусы төмен жануарлардың жекелеген түрлері радионуклидтердің қоршаған ортада қайта бөлінуінің елеулі факторы болуы мүмкін екендігін анықтауға мүмкіндік берді. Мысалы, әскери радиоактивті заттектер сыналған жерлерде мекендейтін кесірткелердің денесінде ^{90}Sr радионуклидінің мөлшері бірнеше жүз мың Бк/кг-ға жетуі мүмкін (4.23-сурет). Осылайша, бір кесіртке осы радионуклидтің

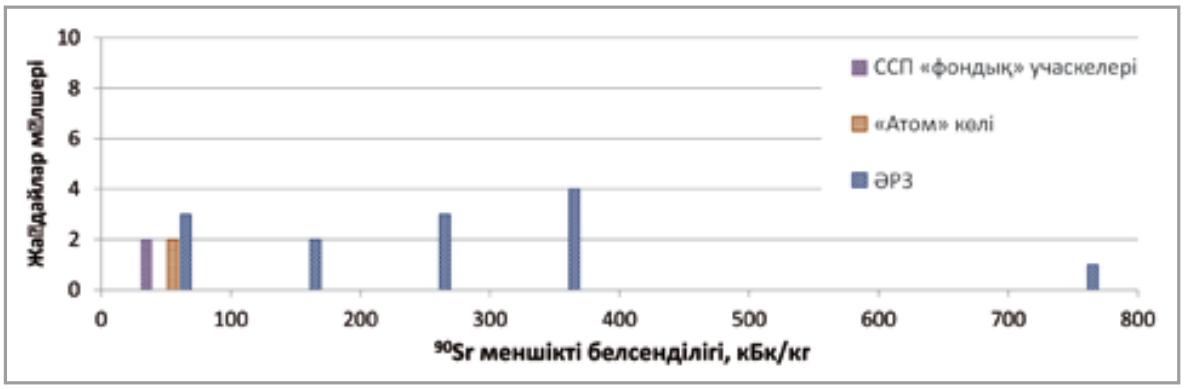
5000 Бк-ға дейін көтере алады. Зерттеулердің негізгі нәтижелері жарияланымдарда баяндалған [187, 188, 189].



4.21-сурет. ССП зерттелетін аумақтары үшін lg Жк мәндерін бөлу



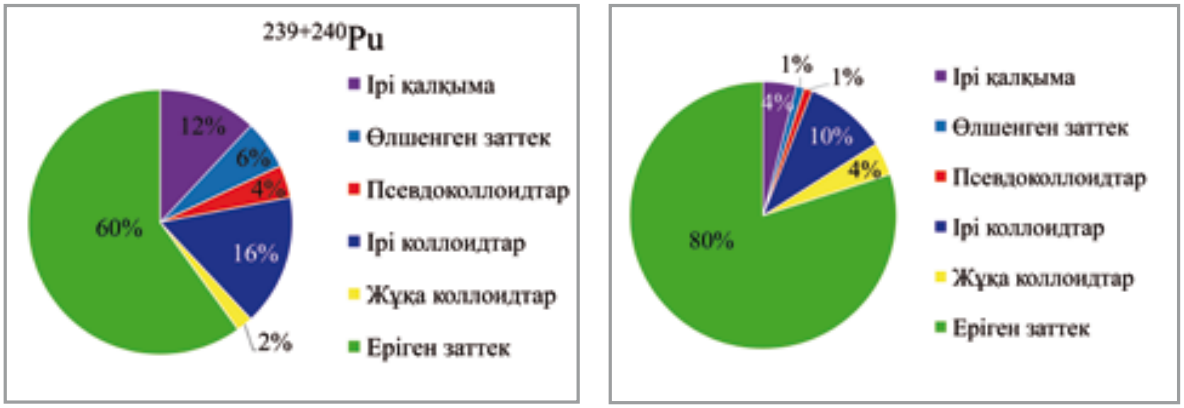
4.22-сурет. Өсімдіктердің бос суларындағы ^{3}H құрамының оның жерасты суларындағы құрамына тәуелділігі



4.23-сурет. ССП учаскелеріндегі кесірткенің ағзасындағы ^{90}Sr радионуклидінің меншікті белсенділігінің кездесу жиілігінің гистограммасы

Полигонның су ортасын зерттеу, мысалы, радионуклидтердің суда орын алу формаларын анықтау және олардың қоршаған ортаның физика-химиялық параметрлеріне байланысты өзгеруі де қызықты. Радионуклидтердің суда орын алу формалары бойынша деректер радионуклидтердің су экожүйелеріндегі жылыстау қабілетінің көрсеткіші болып табылады және зерттелетін объектілердегі радиациялық жағдайдың дамуын болжау үшін пайдаланылуы мүмкін. Осындай зерттеулерді жүргізу нәтижесінде ССП неғұрлым ластанған жерүсті су ағындарындағы радионуклидтерді анықтау формалары анықталды. Зерттелген сулардан ^{90}Sr және ^{137}Cs радионуклидтерін анықтаудың басым формасы ерітінді болып табылатыны анықталды. $^{239+240}$Pu үшін еріген және өлшенген формалар басым болатын әртүрлі формаларда болу тән (4.24, а-сурет). ^{238}U анықтаудың негізгі формасы – ерітінді, сонымен қатар әртүрлі мөлшердегі ішінара жүзгіндер, өлшенген заттектер және коллоидтар түрінде таралуы байқалады (4.24, б-сурет).

Су ортасының физика-химиялық параметрлерінің радионуклидтерді анықтау формаларына әсерін зерттеу pH және судың макроқұрамдауышы құрамының белгілі бір мәндері кезінде радионуклидтердің формаларының өзгеруі, сондай-ақ олардың әртүрлі формалар бойынша қайта бөлінуі орын алатындығын көрсетті. Зерттеулердің негізгі нәтижелері жарияланымдарда баяндалған [190, 191, 192].



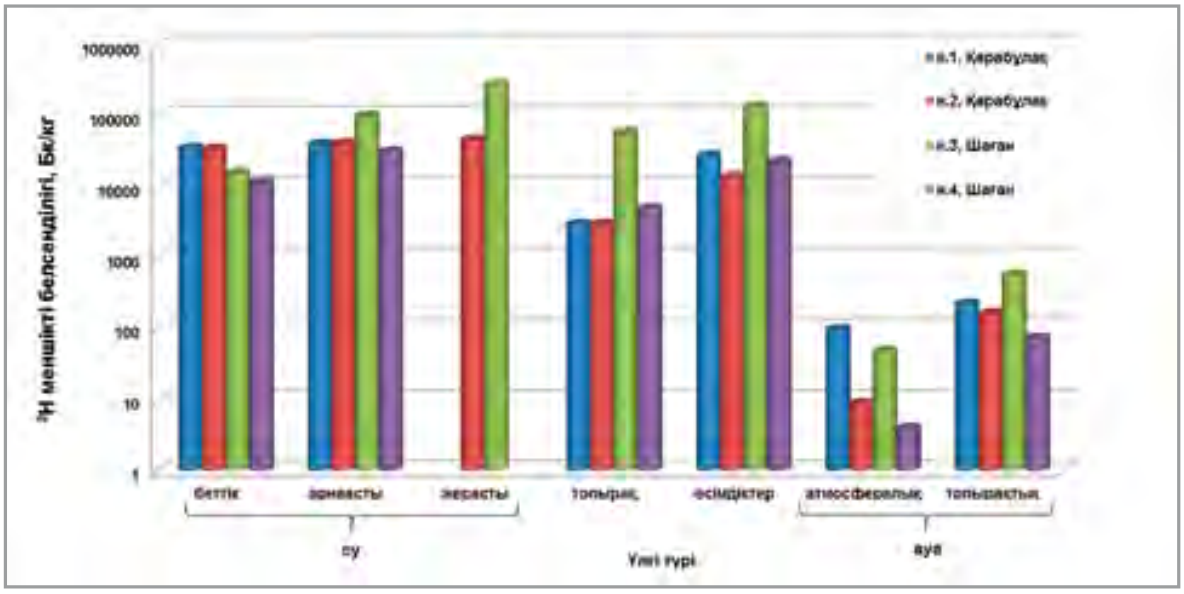
а) б)

4.24-сурет. $^{239+240}$Pu формалары бойынша анықтауды 609 шт. (а) су ағыны мен ^{238}U 503 шт. (б) су ағынындағы суда бөлінуі

Полигон аумағында жүргізілетін ғылыми зерттеулердің тағы бір бағыты тритийдің болу формаларын анықтау болып табылады. Ядролық сынақтар жүргізу салдарынан ^{3}H радионуклидінің көп мөлшері пайда болды, оның белсенділігі қазіргі уақытта жерүсті және жерасты суларында, өсімдіктерде, топырақта жүздеген мың Бк-ға жетуі мүмкін (4.25-сурет). Зерттеу нәтижелері ^{3}H-тің экожүйелердің әртүрлі объектілері арасында қайта бөлініп қана қоймай, сонымен бірге табиғи ортаның жекелеген компоненттерінде әр түрлі болу формаларында (тотыққан түрінде немесе тритийленген суда – HTO, органикалық байланысқан түрінде – OCT, тритийленген су буларында – HTO және газ тәрізді қосылыстарда – $^{3}H_{газ}$ жинақталу қабілетін айқын көрсетеді). Ядролық сынақтар жүргізілетін жерлердегі топырақта ^{3}H бір мезгілде бірнеше түрлі: беткі-адсорбцияланған суда ^{3}H, қатпар аралық суда ^{3}H, гидроксильді ^{3}H, органикалық байланысқан ^{3}H және кристалдық байланысқан ^{3}H формаларда болуы мүмкін.

^{3}H радионуклидінің деңгейі мен формалары туралы ақпарат оның жылыстау механизмдерін бағалауға мүмкіндік береді, сонымен қатар оның биологиялық қол жетімділігіне баға береді. Тритий, сутегі изотопы ретінде, барлық басқа жасанды радионуклидтерге қарағанда әлдеқайда жоғары жылыстау қабілетіне ие.

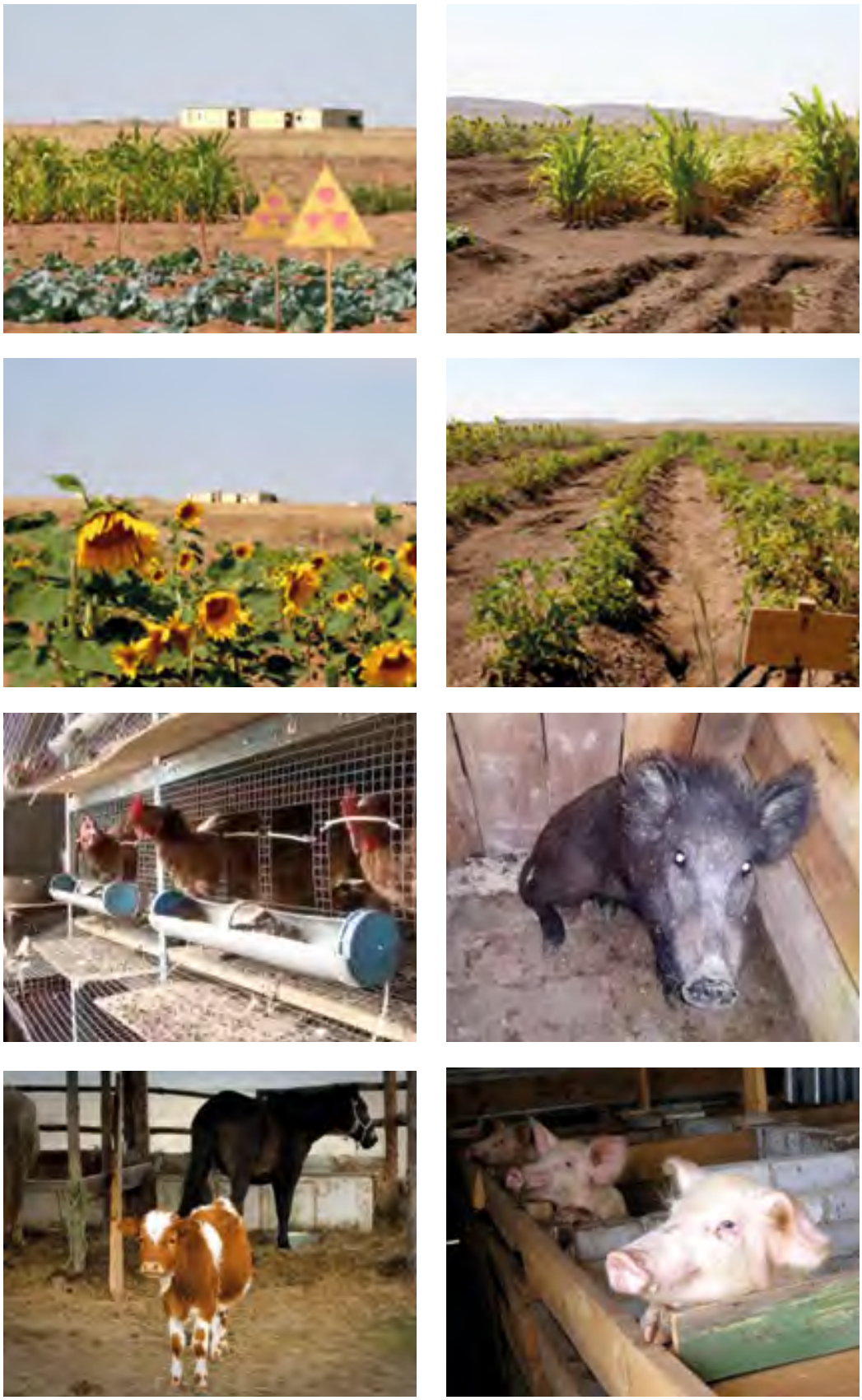
Осы бағытта алынған негізгі нәтижелер жарияланымдарда көрсетілген [193, 194, 195, 196, 197, 198, 199].



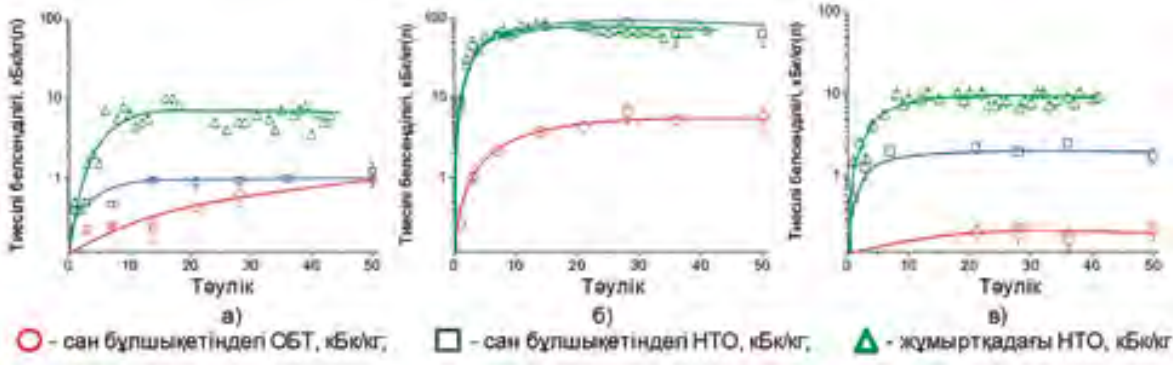
4.25-сурет. «Дегелең» алаңы (Қарабұлақ бұлағы) мен Шаған өзені учаскелеріндегі табиғи ортаның әртүрлі компоненттеріндегі ^{3}H меншікті белсенділігі

ССП аумағында радионуклидтердің ауыл шаруашылығы өніміне өту ерекшеліктерін анықтау үшін ауыл шаруашылығы радиоэкологиялық эксперименттерінің сериясы жүргізілді. Ол үшін «Дегелең» және «Тәжірибе даласы» сынақ алаңдарының аумағында әр жылдары «тәжірибелік фермерлік шаруашылық» ұйымдастырылды.

Зерттеулер жүргізу нәтижесінде жасанды радионуклидтердің мәзірінен (өсімдіктер, топырақ, су, ауа) негізгі мал шаруашылығы өніміне – қой, сиыр, үй және жабайы шошқа, жылқы, тауық етіне, сиыр мен жылқы сүтіне, тауық жұмыртқасына өту параметрлері алынды. Алғаш рет осындай мәліметтер тритийдің әртүрлі формалары үшін алынды (4.27-сурет). Зерттеу барысында жануарлар жүніндегі радионуклидтердің меншікті белсенділігі бойынша жануарлардың ұлпалары мен ағзаларындағы радионуклидтерді тірі кезінде анықтау мүмкіндігі дәлелденді.

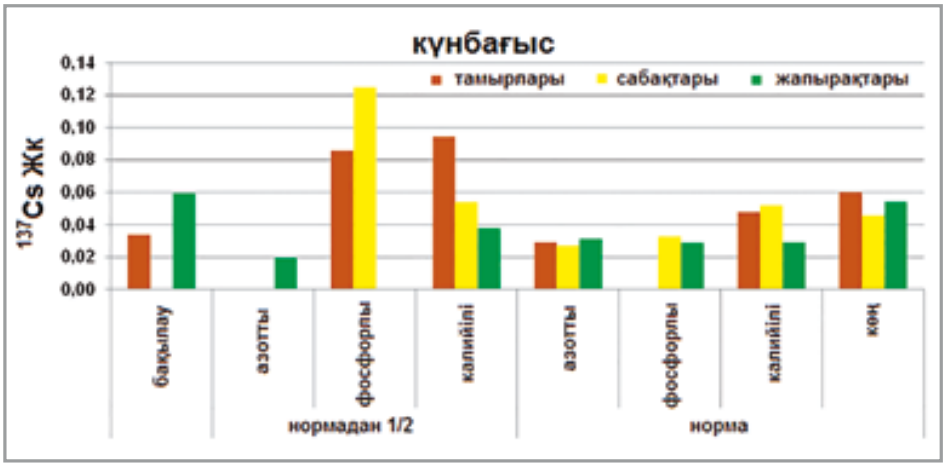


4.26-сурет. Зерттеліп жатқан ауыл шаруашылық өсімдіктері мен жануарлары



4.27-сурет. Тритийдің бұлшықет ұлпасына және тауық жұмыртқасына ұзақ уақыт түскен жағдайда ауысу динамикасы а) азықпен; б) сумен; в) ауамен

Сондай-ақ зерттелетін радионуклидтердің топырақтан өңірде өсірілетін негізгі өсімдік шаруашылығы өніміне өту параметрлері алынды. Радионуклидтердің өсімдік шаруашылығы өніміне өтуіне әртүрлі агротехникалық шаралардың (ылғалдандыру режимін реттеу, тыңайтқыштың әртүрлі түрлерін енгізу) әсері зерттелді (4.28-сурет).



4.28-сурет. Күнбағыс үшін әртүрлі тыңайтқыш түрлерін қолданудың түрлі дозаларында ^{137}Cs жинақталу ерекшеліктері

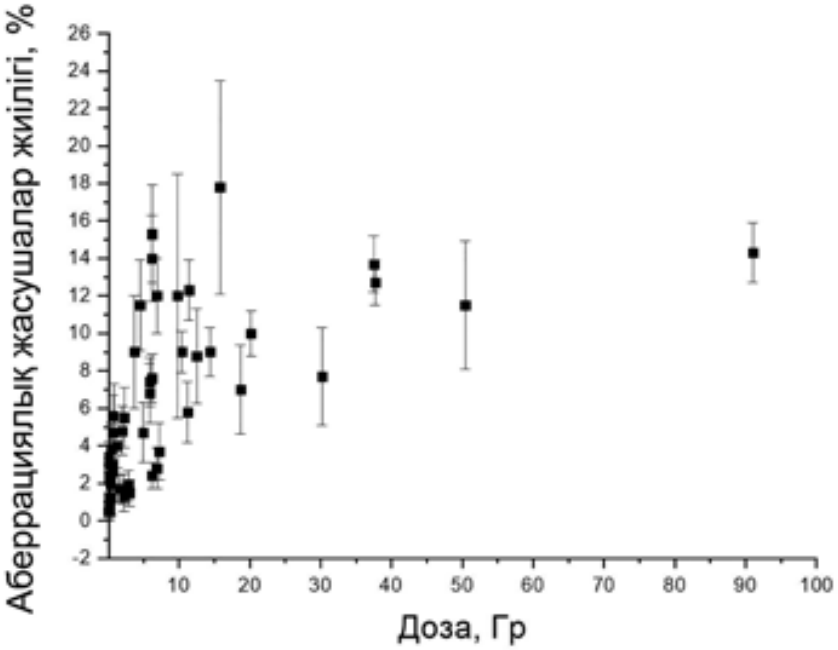
Бұл параметрлер қоректік тізбектері бойынша радионуклидтердің жылыстауын бағалаудың, дозалық жүктемелерді бағалаудың және адамдар үшін қауіптерді бағалаудың әртүрлі болжамдық модельдері үшін қажет. Осы бағыттағы зерттеулер аясында алынған негізгі нәтижелер жарияланымдарда көрсетілген [200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210].

4.29-сурет. Хромосомалық полиморфизм Chironomus luridus, гетерозиготалы инверсия p/lur C.1.2

Экожүйе компоненттерінде радионуклидтер көп болатын учаскелерде ұзақ уақыт өмір сүретін және өсетін тірі ағзалар мен өсімдіктер де иондаушы сәулеленудің биологиялық әсерін зерттеу тұрғысынан қызықты. Әр жылдары полигонның ластанған учаскелерінің тірі ағзаларі мен өсімдіктеріне иондаушы сәулеленудің төмен дозаларының ықтимал әсерін анықтайтын зерттеулер жүргізілді. Мысалы, орман тышқандары мен сұр тышқандарда гематологиялық көрсеткіштердің қалыптасуында түрлік мен маусымдық заңдылықтар анықталды. Коловраткалар мен төменгі шаян тәрізділердің фаунасын зерттеу нәтижелері келтірілген. Аягөз өзені балықтарының бақылау популяцияларымен салыстырғанда ССП аймағындағы суайдынындағы талмабалықтардың өзгергіштігі туралы ихтиологиялық деректер ұсынылған. Айыр құйрықты қарабалық популяциясы табылды. Радиацияның биотаға ықтимал әсерін бағалау бойынша терең зерттеулер хромосомаларда жүргізілді. Сонымен, жануарлардың жекелеген түрлерінде аз мөлшерде созылмалы сәулеленуден туындаған генетикалық әсерлер зерттелді. Алғаш рет Балапан алқабы мен Дегелең таулы массивінің ашық суайдынында хирономидтің табиғи популяциясы зерттелді. Түрлерді цитотаксономиялық сәйкестендіру жүргізілді, хирономидтердің әртүрлі хромосомалық иықтарындағы дискілердің инверсиялық тізбектердің спектрлері

мен жиіліктері анықталды. Хирономидті көлдерді жіктеу кезінде индикациялық критерийлері ретінде пайдалану мүмкіндігі расталды. Белгілі бір түрлердің мөлшері мен олардың орын алуы суайдынының экологиялық жағдайын бағалау индексі бола алатындығы анықталды.

Бұдан басқа, кейбір өсімдіктердің анатомиялық көрсеткіштеріне уытты элементтердің әсерін сипаттайтын деректер алынды және әскери радиоактивті заттектер сыналған жерлерде өсетін өсімдіктерде сіңірілген дозаның қуатынан аберранттық жасушалардың өсуінің сызықтық сипаты белгіленді (4.30-сурет).



4.30-сурет. Аберрантты жасушалар жиілігі шығуының шисабақты (Koeleria gracilis Pers) ß-сәулеленудің сіңірілген дозасының қуатына тәуелділігі 0-ден 2500 мкГр/сағ және 0-ден 15000 мкГр/сағ

Цитогенетикалық зерттеулерден басқа ССП-дағы ядролық сынақтардың полигонның доминантты өсімдіктерінің физиологиялық және биохимиялық қасиеттеріне тигізетін зардаптары зерделенді. Иондаушы радиацияның төмен созылмалы дозалары тәжірибелі (радиация жағдайында өсетін өсімдіктердің тұқымынан өсірілген) және бақылау өсімдіктеріндегі антиоксиданттық

ферменттердің белсенділігін едәуір өзгертетіні анықталды. Бұл радиацияның әсерінен өсімдіктердің зақымдануын азайтады және олардың радиотөзімділігін қамтамасыз етеді. Тәжірибедегі өсімдіктер мен ферменттерде бұл қасиет ұрпақтан-ұрпаққа берілетіні дәлелденді. Осы саладағы зерттеулердің негізгі нәтижелері жарияланымдарда көрсетілген [211, 212, 213, 214, 215, 216].

Осылайша, ҚР Ұлттық ядролық орталығының мамандары әр жылдары ССП аумағында кең ауқымды зерттеулер жүргізді. Полигонда алынатын табиғи объектілерді зерттеу нәтижелері Қазақстан Республикасы үшін ғана емес, әлемдік ғылыми қоғамдастық үшін де маңызды және қажет.

ССП-ны ядролық сынақтардың салдарын зерделеу жөніндегі халықаралық табиғи зертхана ретінде одан әрі пайдалану

ССП аумағы барлық зерттеулерді жүргізу тұрғысынан бірегей болып табылады. Экожүйе компоненттерінде радионуклидтер көп болатын учаскелерде ұзақ уақыт өмір сүретін және өсетін тірі ағзалар мен өсімдіктер иондаушы сәулеленудің биологиялық әсерін зерттеу тұрғысынан қызықты. Бүгінгі таңда морфоанатомиялық және цитогенетикалық деңгейлерде иондаушы сәулеленудің әсерін көрсететін ерекше мәліметтер алынды. Полигон ландшафтарының әртүрлілігі және радионуклидтік ластанудың әртүрлі сипаты радионуклидтердің әртүрлі экожүйелердің табиғи ортасының компоненттері арасында қайта бөлінуінің ерекшеліктерін сипаттайтын бірегей деректерді алуға мүмкіндік береді. Бүгінгі күні «су-өсімдіктер», «түптік шөгінділер-өсімдіктер», «топырақ-өсімдіктер», «топырақ-жануарлар», «өсімдік-ауа» жүйелерінде жабайы табиғат үшін және жануарлар мен өсімдік текстес ауыл шаруашылығы өнімдері үшін радонуклидтердің қайта бөлінуін сипаттайтын параметрлердің үлкен ауқымы алынды. Ауыл шаруашылығы жануарларына тағамдық қоспаларды енгізу және ауыл шаруашылығы дақылдарын өсіру кезінде агротехникалық іс-шараларды жүргізу (тыңайтқыштардың әр түрлерін енгізу,

ылғалдандыру режимін өзгерту) арқылы радионуклидтердің ауыл шаруашылығы өніміне өтуін төмендету тәсілдерінің тиімділігіне бағалау жүргізілді.

Аталған зерттеулерден басқа ССП аумағы радиоактивті-ластанған аумақтарды ремедиациялаудың әртүрлі сценарийлерінің [217] тиімділігін және РАҚ көлемін азайту тәсілдерін (РАҚ қайта өңдеу тәсілдері) пысықтау және бағалау үшін, сондай-ақ төтенше радиациялық жағдайларда әрекет ететін әртүрлі органдар мен ведомстволардың оқу-жаттығуларын өткізу үшін перспективалы болып табылады.

ҚОРЫТЫНДЫ

Аталған монографияда көтерілген мәселелер негізінен Семей сынақ полигоны аумағының тікелей ядролық сынақтар өткізілмеген бөлігіне қатысты. Мұнда полигон сынақ алаңдарының тарихы мен қазіргі жағдайы туралы қысқаша мәлімет қана берілген.

Семей сынақ полигоны аумағын кешенді экологиялық зерттеу шеңберінде жүргізілген жұмыстар оның қазіргі радиоэкологиялық ахуалын жоғары сенімділікпен анықтауға, ядролық қаруды сынаудың қоршаған орта объектілері – топырақ жамылғысына, атмосфералық ауаға, жербеткі және жерасты суларына, өсімдік және жануарлар әлеміне әсерін бағалауға және де адамның зерттелетін аумақта өмір сүрген кезінде алатын сәулелену дозаларын есептеуге мүмкіндік берді.

Қоршаған ортаның негізгі құрауыштарының радиациялық ахуалы туралы алынған деректер Семей сынақ полигонының әкімшілік шекарасын оның радиоэкологиялық мәртебесіне сәйкес қайта қарауға мүмкіндік береді. Полигон аумағының халыққа радиациялық қауіп төндіретін бір бөлігі ол жерде жүріп-тұрудың ерекше тәртібі бар аймақты құруға ұсынылатын болады. Полигон аумағының халыққа радиациялық қауіп төндірмейтін бір бөлігі әлеуетті түрде жер қоры санатынан шығарылып, шаруашылық айналымға берілуі мүмкін. Алдын ала деректер бойынша, полигон аумағының радиоэкологиялық ахуалын және сынық алаңдары арасындағы логистиканы ескере отырып, полигонның мұндай бөлігі шамамен 9000 кв.км құрайды, бұл Семей полигоны аумағының 50 %-ға жуығы.

Сонымен қатар, кешенді экологиялық зерттеп-қарау жұмыстары 2008 жылдан бастап жүргізілуде және Семей сынақ полигонындағы сынақтармен шарттасқан аумақтардың радиоэкологиялық ахуалын тікелей зерттеу кезеңінде кепілді түрде анықтауға мүмкіндік берді. Полигон аумағы қазіргі уақытта кү-

зетілмейтіндіктен немесе тек кей жерлері ғана бақыланатындықтан, аталған аумаққа заңсыз енгізілуі (сынақ алаңдарының инфрақұрылымын, радиоактивті заттектерді жинаудың белгіленбеген жерлерін және т.б. бұзу нәтижесінде) мүмкін радиоактивті көздердің жоқтығына кепілдік беру мүмкін емес. Осыған байланысты түпкілікті шешім қабылдау үшін ұсынылған жерлерді қордағы жер құрамынан шығаруға арналған кешенді зерттеу материалдарын қосымша зерттеу жүргізу арқылы өзектендіру қажет. Бұл ретте жер учаскелерін қосымша кешенді экологиялық зерттеу туралы сөз қозғалып отырған жоқ, себебі материалдарда Семей сынақ полигонындағы радиациялық ахуалды болжау бойынша тарау ұсынылған, оларды есепке ала отырып, жер қоры құрамынан шығаруға ұсынылатын жер учаскелері анықталады. Техногендік сипаттағы болжалмайтын іс-әрекеттер туралы сөз болғандықтан, Семей сынақ полигонын кешенді зерттеу шеңберінде туындауы ықтимал радиациялық қауіптілігі зерттелген техногендік объектілердің деректер базасы құрылды. Осылайша, қосымша зерттеп-қарау дегеніміз техногендік объектілер бойынша (2008-2021 жж.) қолда бар деректер базасын аумақтар мәртебесі туралы шешім қабылдау кезінде пайда болған деректермен және қажетіне қарай жаңа объектілерді зерттеп-қарау кезінде салыстыруды білдіреді.

Семей сынақ полигонында кешенді зерттеу жұмыстарының аяқталғанына қарамастан, радиоэкологиялық жағдайды зерттеу жұмыстары жалғасуда. Олар полигонның радиациялық қауіпті учаскелеріндегі және оларға іргелес аумақтардағы радиациялық ахуалды бақылау мақсатында қоршаған ортаның ахуалын мониторингілеу шеңберінде жүргізіледі. Полигон аумағындағы сынақтар тікелей жүргізілген сынақ алаңдары негізгі жасанды радионуклидтердің ұзақ жартылай ыдырауының салдарынан көп уақыт бойы қауіп төндіретіндіктен, қоршаған ортаның жағдайын мониторингілеуді дамыту және жүргізу маңызды тапсырма болып табылады. Радиациялық мониторингілеуді одан әрі жүзеге асыру жүйелі қадағалаулар деректері бойынша радионуклидтердің

Семей сынақ полигонының аумағында қоршаған ортаның негізгі құрауыштарында жылыстау процестерінің кеңістіктік және уақытша динамикасын анықтауға мүмкіндік береді. Стратегиялық жоспарда Семей сынақ полигонын мониторингілеу ағымдағы радиациялық жағдай туралы өзекті және шынайы ақпаратты алуды, радиациялық жағдайдың дамуындағы жағымсыз өзгерістерді уақтылы анықтауды, сондай-ақ радиациялық жағдай туралы ақпараттың мемлекеттік ведомстволар мен тұрғындар үшін қолжетімділігін қамтамасыз етеді.

Сондай-ақ, радиоэкологиялық жағдайды зерттеу полигон аумағын қауіпсіз күйге келтіру жөніндегі іс-шаралар шеңберінде және радиоактивті ластанған аумақты ремедиациялау әдістерін әзірлей және тиімділігін бағалай отырып, ядролық сынақтарды жүргізу салдарының биотаның биологиялық ерекшелігіне әсерін бағалай отырып, радионуклидтердің табиғат ортасы құрауыштарының арасында, азық-түлік тізбегінде қайта таралу ерекшеліктерін зерттеуге байланысты ғылыми зерттеулердің мүмкіндігінше барлығын жүргізу барысында өткізіледі.

Жалпы, Семей сынақ полигоны аумағын кешенді экологиялық зерттеу нәтижесінде полигон аумағында адамдардың қауіпсіз өмір сүру мүмкіндігіне қатысты сұрақтарға жауап алынды. Алынған жауаптар Семей сынақ полигонына қатысты спекуляцияны тоқтатуға, радиофобия деңгейін төмендетуге мүмкіндік береді, бұл аймақтың әлеуметтік-экономикалық дамуына септігін тигізетіні сөзсіз. Сонымен қатар, осы зерттеулерді жүргізген мамандар баға жетпес тәжірибе жинақтады, бірегей материалдық-әдістемелік базаны қалыптастырды, Қазақстан Республикасының радиоэкологиялық проблемаларына қатысты мәселелерді әлемдік стандарттар деңгейінде шешуге мүмкіндік беретін кәсіби құзыреттіліктерді дамытты.

Монография авторлары Қазақстан Республикасының Ұлттық ядролық орталығы Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының барлық қызметкерлеріне монографияны құрастыру

кезіндегі көмектері үшін алғыстарын білдіреді. Ұсынылған материалдар үшін М.Т. Абишеваға, А.К. Айдархановаға, М.Р. Актаевқа, Ю.В. Баклановаға, Ф.Ф. Жамалдиновқа, П.Е. Кривицкийге, А.Е. Кундузбаеваға, В.Н. Монаенкоға, Е.В. Мустафинаға, А.В. Паницкийге, Е.Н. Поливкинаға, С.Б. Субботинге, Е.С. Сысоеваға, А.В. Топороваға, Д.В. Турченкоға ерекше ризашылықтарын білдіреді. Техникалық сұрақтардағы көмектері үшін И.П. Дорожкинге, А.О. Омархановаға, О.В. Сераяға да жекелей алғыс айтылады.

1-ҚОСЫМША

ЖҰМЫСТАРДЫ ОРЫНДАУ ҮШІН ЛИЦЕНЗИЯЛАР МЕН СЕРТИФИКАТТАРДЫҢ БОЛУЫ

1. Орындалатын қызмет түрлеріне мемлекеттік лицензиялар

Радиоэкологиялық зерттеулер жүргізу үшін ҚР Ұлттық ядролық орталығының қызметтер көрсетуге құқық беретін барлық қажетті лицензиялары бар (0.1-сурет, 0.2-сурет, 0.3-сурет, 0.4-сурет, 0.5-сурет).

ЛИЦЕНЗИЯ

0.1-сурет. Атом энергиясын пайдалану саласында қызметтер көрсетуге ҚР ҰЯО РМК-ның мемлекеттік лицензиясы

20004749 **123**

ПРИЛОЖЕНИЕ К ЛИЦЕНЗИИ

Номер лицензии 20004749

Дата выдачи лицензии 12.03.2020 год

Подвид(ы) лицензируемого вида деятельности:

- Определение содержания радионуклидов в продуктах, материалах, объектах окружающей среды, измерение концентрации радона и других радиоактивных газов
  - Измерение концентрации радона и других радиоактивных газов
  - Определение содержания радионуклидов в продуктах, материалах, объектах окружающей среды
- Индивидуальный дозиметрический контроль персонала
- Радиационный контроль территорий, помещений, рабочих мест, товаров, материалов, металлолома, транспортных средств

(наименование подвида лицензируемого вида деятельности в соответствии с Законом Республики Казахстан «О разрешениях и уведомлениях»)

Лицензиат — **Республиканское государственное предприятие на праве хозяйственного ведения «Национальный ядерный центр Республики Казахстан» Министерства энергетики Республики Казахстан**

071100, Республика Казахстан, Восточно-Казахстанская область, Курчатов Г. А., г.Курчатов, улица Бейбіт атом, дом № 2Б, БИН: 990240001722

(полное наименование, местонахождение, бизнес-идентификационный номер юридического лица (в том числе иностранного юридического лица), бизнес-идентификационный номер филиала или представительства иностранного юридического лица – в случае отсутствия бизнес-идентификационного номера у юридического лица/полностью фамилия, имя, отчество (в случае наличия), индивидуальный идентификационный номер физического лица)

Производственная база — **071100 Республика Казахстан, город Курчатов, улица Бейбіт атом, 10; 071100 Республика Казахстан, город Курчатов, улица Бейбіт атом, 2**

(местонахождение)

Особые условия действия лицензии — **Типы приборов, установок, материалов, с которыми лицензиат проводит работы, указаны в подвидах деятельности**

(в соответствии со статьей 36 Закона Республики Казахстан «О разрешениях и уведомлениях»)

Лицензиар — **Государственное учреждение "Комитет атомного и энергетического надзора и контроля". Министерство энергетики Республики Казахстан.**

(полное наименование органа, выдавшего приложение к лицензии)

Руководитель (уполномоченное лицо) — **Сергазин Гумар Екпинович**

(фамилия, имя, отчество (в случае наличия)

Осы құжат «Электрондық құжат және электрондық цифрлық қолтаңба туралы» Қазақстан Республикасының 2003 жылғы 7 қаңтардағы Заңы 7 бабының 1 тармағына сәйкес қағаз тасығыштағы құжатпен заңды бірдей. Данный документ согласно пункту 1 статьи 7 ЗРК от 7 января 2003 года "Об электронном документе и электронной цифровой подписи" равнозначен документу на бумажном носителе.

0.2-сурет. Атом энергиясын пайдалану саласында қызметтер көрсетуге арналған мемлекеттік лицензияға сәйкес қызметтің кіші түрлерінің тізбесі

19014222

ЛИЦЕНЗИЯ

03.07.2019 года **19014222**

Выдана **Республиканское государственное предприятие на праве хозяйственного ведения «Национальный ядерный центр Республики Казахстан» Министерства энергетики Республики Казахстан**

071100, Республика Казахстан, Восточно-Казахстанская область, Курчатов Г.А., г.Курчатов, улица Бейбіт атом, дом № 2Б,,
БИН: 990240001722

(полное наименование, местонахождение, бизнес-идентификационный номер юридического лица (в том числе иностранного юридического лица), бизнес -идентификационный номер филиала или представительства иностранного юридического лица – в случае отсутствия бизнес-идентификационного номера у юридического лица/полностью фамилия, имя, отчество (в случае наличия), индивидуальный идентификационный номер физического лица)

на занятие **Деятельность на территориях бывших испытательных ядерных полигонов и других территориях, загрязненных в результате проведенных ядерных испытаний**

(наименование лицензируемого вида деятельности в соответствии с Законом Республики Казахстан «О разрешениях и уведомлениях»)

Особые условия

(в соответствии со статьей 36 Закона Республики Казахстан «О разрешениях и уведомлениях»)

Примечание **Неотчуждаемая, класс 2**

(отчуждаемость, класс разрешения)

Лицензиар **Государственное учреждение "Комитет атомного и энергетического надзора и контроля". Министерство энергетики Республики Казахстан.**

(полное наименование лицензиара)

Руководитель (уполномоченное лицо) **Ертаев Ержан Ерболулы**

(фамилия, имя, отчество (в случае наличия)

Дата первичной выдачи **29.07.2010**

Срок действия лицензии

Место выдачи **г.Нур-Султан**

Рисунок 0.3. Государственная лицензия РГП НЯЦ РК на занятие деятельностью на территориях бывших испытательных ядерных полигонов и других территориях, загрязненных в результате проведенных ядерных испытаний

0.3-сурет. Бұрынғы ядролық сынақ полигондары аумақтарында және жүргізілген ядролық сынақтардың нәтижесінде ластанған басқа аумақтарда қызметпен айналысуға ҚР ҰЯО РМК Мемлекеттік лицензиясы

20001683

ЛИЦЕНЗИЯ

29.01.2020 года **20001683**

Выдана **Республиканское государственное предприятие на праве хозяйственного ведения «Национальный ядерный центр Республики Казахстан» Министерства энергетики Республики Казахстан**

071100, Республика Казахстан, Восточно-Казахстанская область, Курчатов Г. А., г.Курчатов, улица Бейбіт атом, дом № 2Б
БИН: 990240001722

(полное наименование, местонахождение, бизнес-идентификационный номер юридического лица (в том числе иностранного юридического лица), бизнес -идентификационный номер филиала или представительства иностранного юридического лица – в случае отсутствия бизнес-идентификационного номера у юридического лица/полностью фамилия, имя, отчество (в случае наличия), индивидуальный идентификационный номер физического лица)

на занятие **Деятельность по обращению с радиоактивными отходами**

(наименование лицензируемого вида деятельности в соответствии с Законом Республики Казахстан «О разрешениях и уведомлениях»)

Особые условия **Типы отходов, с которыми лицензиат проводит работы, указаны в подвидах деятельности**

(в соответствии со статьей 36 Закона Республики Казахстан «О разрешениях и уведомлениях»)

Примечание **Неотчуждаемая, класс 1**

(отчуждаемость, класс разрешения)

Лицензиар **Государственное учреждение "Комитет атомного и энергетического надзора и контроля". Министерство энергетики Республики Казахстан.**

(полное наименование лицензиара)

Руководитель (уполномоченное лицо) **Сергазин Гумар Екпинович**

(фамилия, имя, отчество (в случае наличия)

Дата первичной выдачи

Срок действия лицензии **29.01.2025**

Место выдачи **г.Нур-Султан**

Рисунок 0.4. Государственная лицензия РГП НЯЦ РК на деятельность по обращению с радиоактивными отходами

0.4-сурет. Радиоактивті қалдықтармен жұмыс істеу жөніндегі қызметке ҚР ҰЯО РМК-ның мемлекеттік лицензиясы

20001683 123

ПРИЛОЖЕНИЕ К ЛИЦЕНЗИИ

Номер лицензии 20001683

Дата выдачи лицензии 29.01.2020 год

Подвид(ы) лицензируемого вида деятельности:

- Радиационная реабилитация, рекультивация территорий и объектов
- Хранение и захоронение радиоактивных отходов
  - Захоронение радиоактивных отходов
    - Низкоактивных радиоактивных отходов
    - Среднеактивных радиоактивных отходов
  - Хранение радиоактивных отходов
    - Низкоактивных радиоактивных отходов
    - Среднеактивных радиоактивных отходов
- Дезактивация (очистка от радиоактивного загрязнения) помещений, оборудования и материалов
- Сбор и сортировка радиоактивных отходов
  - Низкоактивных радиоактивных отходов
  - Среднеактивных радиоактивных отходов

(наименование подвида лицензируемого вида деятельности в соответствии с Законом Республики Казахстан «О разрешениях и уведомлениях»)

Лицензиат	**Республиканское государственное предприятие на праве хозяйственного ведения «Национальный ядерный центр Республики Казахстан» Министерства энергетики Республики Казахстан** 071100, Республика Казахстан, Восточно-Казахстанская область, Курчатов Г. А., г.Курчатов, улица Бейбіт атом, дом № 2Б, БИН: 990240001722 (полное наименование, местонахождение, бизнес-идентификационный номер юридического лица (в том числе иностранного юридического лица), бизнес-идентификационный номер филиала или представительства иностранного юридического лица – в случае отсутствия бизнес-идентификационного номера у юридического лица/полностью фамилия, имя, отчество (в случае наличия), индивидуальный идентификационный номер физического лица)
Производственная база	**Республика Казахстан, Восточно Казахстанская область, город Курчатов, улица Бейбіт атом 10; Республика Казахстан, Восточно Казахстанская область, город Курчатов, улица Бейбіт атом 2** (местонахождение)
Особые условия действия лицензии	**Типы отходов, с которыми лицензиат проводит работы, указаны в подвидах деятельности** (в соответствии со статьей 36 Закона Республики Казахстан «О разрешениях и уведомлениях»)

Рисунок 0.5. Перечень подвидов деятельности согласно государственной лицензии на деятельность по обращению с радиоактивными отходами

0.5-сурет. Радиоактивті қалдықтармен жұмыс істеу жөніндегі қызметке мемлекеттік лицензияға сәйкес қызметтің кіші түрлерінің тізбесі

2. Сынақ орталығының аккредиттеу аттестаты «Радиоэкологиялық зерттеулер орталығы»

Институттың бөлімдері мен зертханаларының базасында Қазақстан Республикасының аккредиттеу жүйесінде «Сынақ және калибрлеу зертханаларының құзыреттілігіне қойылатын жалпы талаптар» МЕМСТ ИСО/МЭК 17025-2009 талаптарына сәйкестікке аккредиттелген «Радиоэкологиялық зерттеулер орталығы» сынақ орталығы жұмыс істейді (0.6-сурет).

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ САУДА ЖӘНЕ ИНТЕГРАЦИЯ МИНИСТРЛІГІНІҢ ТЕХНИКАЛЫҚ РЕТТЕУ ЖӘНЕ МЕТРОЛОГИЯ КОМИТЕТІ

ҰЛТТЫҚ АККРЕДИТТЕУ ОРТАЛЫҒЫ

АККРЕДИТТЕУ АТТЕСТАТЫ

KZA168DAC8569C3AE3

Аккредиттеу субъектілерінің тізілімінде тіркелген
№ KZ.T.07.2142
12 Қазан 2018 жылдан
12 Қазан 2023 жылға дейін жарамды

БСН 130441025754, Қазақстан Республикасы Энергетика министрлігі «Қазақстан Республикасының Ұлттық ядролық орталығы» шаруашылық жүргізу құқығындағы республикалық мемлекеттік кәсіпорнының «Радиациялық қауіпсіздік және экология институты» филиалы, заңды мекен-жайы: Казахстан, Восточно-Казахстанская область, Курчатов г.а., Красноармейская к-сі, 2, нақты мекен-жайы: Казахстан, Восточно-Казахстанская область, Курчатов г.а., Красноармейская к-сі, 2; Казахстан, Восточно-Казахстанская область, Курчатов г.а., Құнанбай к-сі, 18; Казахстан, Восточно-Казахстанская область, Курчатов г.а., Құнанбай к-сі, 16 Қазақстан Республикасының аккредиттеу жүйесінде ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009. Сынау және калибрлеу зертханаларының құзыреттілігіне қойылатын жалпы талаптар (Сынақ орталығы) талаптарына сәйкес аккредиттелген.

Сәйкестікті бағалаудың объектілері: Сынақ орталығы.

Аккредиттеу саласы ақпараттық жүйеде келтірілген.

Бұл құжат тіркеушінің ақпараттық жүйесінің сәйкестікті бағалау саласындағы электронды аккредиттеу қызметі арқылы қалыптастырылған.

Бұл құжат «Электрондық құжат және электрондық цифрлық қолтаңба туралы» Қазақстан Республикасының 2003 жылғы 7 қаңтардағы №370-II Заңының 7-бабының 1-тармағына сәйкес қағаз жүзіндегі құжатқа баламалы болып табылады.

Электрондық құжаттың дұрыстығын ғаламтор желісі арқылы тексеруге болады https://techreg.qoldau.kz/ru/acc/subjects

КОМИТЕТ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ И МЕТРОЛОГИИ МИНИСТЕРСТВА ТОРГОВЛИ И ИНТЕГРАЦИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР АККРЕДИТАЦИИ

АТТЕСТАТ АККРЕДИТАЦИИ

KZ8C098EE2C18A3BAA

Зарегистрирован в реестре субъектов аккредитации
№ KZ.T.07.2142
от 12 Октябрь 2018 г.
действителен до 12 Октябрь 2023 г.

БИН 130441025754, Филиал «Институт радиационной безопасности и экологии» Республиканского государственного предприятия на праве хозяйственного ведения «Национальный ядерный центр Республики Казахстан» Министерства энергетики Республики Казахстан., юридический адрес: Казахстан, Восточно-Казахстанская область, Курчатов г.а., ул. Красноармейская, 2, фактический адрес: Казахстан, Восточно-Казахстанская область, Курчатов г.а., ул. Красноармейская, 2; Казахстан, Восточно-Казахстанская область, Курчатов г.а., ул. Кунанбая, 18; Казахстан, Восточно-Казахстанская область, Курчатов г.а., ул. Кунанбая, 16 аккредитован(а) в системе аккредитации Республики Казахстан на соответствие требованиям ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий (ИЦ).

Объекты оценки соответствия: Испытательный центр.

Область аккредитации приведена в информационной системе.

Данный документ сформирован электронным сервисом аккредитации в области оценки соответствия Регистраторской информационной системы.

Данный документ согласно пункту 1 статьи 7 ЗРК от 7 января 2003 года N370-II «Об электронном документе и электронной цифровой подписи» равнозначен документу на бумажном носителе.

Проверить подлинность электронного документа Вы можете в реестре субъектов аккредитации https://techreg.goldau.kz/ru/acc/subjects

0.6-сурет. Сынақ орталығының аккредиттеу аттестаты Институттың «Радиоэкологиялық зерттеулер орталығы»

3. Қолданыстағы сәйкестік сертификаттары ҚР СТ ISO 9001-2016 (ISO 9001:2015) және ҚР СТ ISO 14001-2016 (ISO 14001:2015)

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ МЕМЛЕКЕТТІК ТЕХНИКАЛЫҚ РЕТТЕУ ЖҮЙЕСІ

"Менеджмент жүйелерін сертификаттаудың республикалық орталығы"ЖШС МЖ СРО

Нұр-Сұлтан қ-сы, Сарайшық к-сі, 5/1 үй, 15 кеңсе

KZ.Q.01.0448 КСС № 0106773

СӘЙКЕСТІК СЕРТИФИКАТЫ

Мемлекеттік тізілімде 2019 ж. «18» желтоқсан тіркелді

№ KZ.7100448.07.03.00216 2022 ж. «18» желтоқсан дейін жарамды

Алғашқы сертификаттау күні 2013 ж. «25» сәуір

Осы сертификат ҚР ЭМ «Қазақстан Республикасының Ұлттық ядролық орталығы» ШЖҚ РМК, ҚР, ШҚО, Курчатов к-сы, Бейбіт атом к-сі, гим. 2 Б

берілді және ЖҮЙЕНІҢ сапа менеджменті

сертификаттау саласы қосымша құжат ҚССҚ №0018635 бойынша

қатысты

ҚР СТ ISO 9001-2016 (ISO 9001:2015) «Сапа менеджменті жүйелері. Талаптар» талаптарға сәйкес келетінін куәландырады

М.О.

Сәйкестікті растау жөніндегі органның басшысы немесе ол уәкілеттік берген тұлға

Каримова Н.А.

Органшы-аудитор

Губарева С. Н.

ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА
ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

ОПС СМ ТОО "Республиканский центр сертификации систем менеджмента"

г. Нур-Султан, ул. Сарайшык, дом 5/1, офис 15

KZ. Q.01.0448 КСС № 0106773

СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ

Зарегистрирован в Государственном реестре

«18» декабря 2019 г. № KZ.7100448.07.03.00216

Действителен до «18» декабря 2022 г.

Дата первичной сертификации «25» апреля 2013 г.

Настоящий сертификат выдан РГП на ПХВ «Национальный ядерный центр Республики Казахстан» МЭ РК, РК, ВКО, г. Курчатов, ул. Бейбіт атом, зд. 2 Б

и удостоверяет, что СИСТЕМА менеджмента качества

применительно к области сертификации согласно приложению КССП №0018635

соответствует требованиям СТ РК ISO 9001-2016 (ISO 9001:2015) «Системы менеджмента качества. Требования»

М.П.

Руководитель органа по подтверждению соответствия или уполномоченное им лицо
Каримова Н.А.

Эксперт-аудитор
Губарева С. Н.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ МЕМЛЕКЕТТІК ТЕХНИКАЛЫҚ РЕТТЕУ ЖҮЙЕСІ

Менеджмент жүйесінің сәйкестік сертификатына

ҚОСЫМША 0018635

Қосымша № KZ.7100448.07.03.00216
сәйкестік сертификатының ажырамас
бөлігі болып табылады

Ядролық физика, қатты дене физикасы, радиациялық материалтану, ядролық реакторлар физикасы мен техникасы, соның ішінде ядролық және термоядролық кондырғыларды, нондаушы сәулелену көздерін, ядролық материалдарды, радиоактивті заттарды пайдалану арқылы, атом энергетикасының қауіпсіздігін негіздеу, радиоэкология және жарылыс ісі саласында ғылыми зерттеулер жүргізу; ядролық материалдармен, нондаушы сәулелену көздерімен және радиоактивті заттармен, пайдаланылған ядролық отынды қоса алғанда радиоактивті қалдықтармен жұмыс істеу, соның ішінде есепке алу және бақылау, радиоактивті қалдықтар қоймаларын құру және қауіпсіз пайдалану; атом (ядролық және термоядролық) энергиясын пайдалану объектілерін жобалау, салу, пайдалануға енгізу, пайдалану, консервациялау және пайдаланудан шығару; ядролық кондырғылар мен ядролық материалдарды физикалық қорғауды қамтамасыз ету; ядролық сынақтардың салдарларын зерделеу және жою, ядролық сынақтар жүргізілген жерлерді радиоэкологиялық мониторингілеу; ядролық-физикалық және химиялық әдістерді қолдана отырып, заттардың құрамына талдамалық зерттеулер жүргізу; сәулеттік және құрылыстық жобалау, құрылыс-монтаждау жұмыстарын орындау; табиғатты қорғау іс-шараларын әзірлеу және орындау; өнеркәсіптік қалдықтарды өңдеу бойынша ғылыми зерттеулер жүргізу және технологиялар әзірлеу; өнеркәсіптік қалдықтармен жұмыс істеу, соның ішінде өнеркәсіптік қалдықтар полигондарын құру және қауіпсіз пайдалану; деректер базаларын және географиялық ақпараттық жүйелерді құру жолымен ғылыми зерттеулердің нәтижелерін қорытындылау және жүйелендіру; атом саласы үшін ғылыми және ғылыми-техникалық кадрларды даярлау және біліктілігін арттыру; қауіпті өндірістік объектілерде авариялық-құтқару жұмыстарын және басқа да қауырт жұмыстарды жүргізу (газдан құтқару, іздеу-құтқару, радиациялық авариялардың салдарын жою жұмыстары)

М.О.

Сәйкестікті растау жөніндегі органның басшысы немесе ол уәкілеттік берген тұлға

Каримова Н.А.

Қараншы-аудитор

Губарева С.П.

ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА
ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

ПРИЛОЖЕНИЕ 0018635

к сертификату соответствия системы менеджмента

Приложение является неотъемлемой
частью сертификата соответствия
№ KZ.7100448.07.03.00216

Проведение научных исследований в области ядерной физики, физики твердого тела, радиационного материаловедения, физики и техники ядерных реакторов, в том числе с использованием ядерных и термоядерных установок, источников ионизирующего излучения, ядерных материалов, радиоактивных веществ, обоснования безопасности атомной энергетики, радиоэкологии и взрывного дела; обращение, в том числе учет и контроль ядерных материалов, источников ионизирующего излучения, радиоактивных веществ, радиоактивных отходов, включая отработанное ядерное топливо, создание и безопасная эксплуатация хранилищ радиоактивных отходов; проектирование, сооружение, ввод в эксплуатацию, эксплуатация, консервация и вывод из эксплуатации объектов использования атомной (ядерной и термоядерной) энергии; обеспечение физической защиты ядерных установок и ядерных материалов; изучение и ликвидация последствий ядерных испытаний, радиоэкологический мониторинг мест проведения ядерных испытаний; проведение аналитических исследований с применением ядерно-физических и химических методов; архитектурное и строительное проектирование, выполнение строительно-монтажных работ; разработка и выполнение природоохранных мероприятий; проведение научных исследований и разработка технологий по переработке промышленных отходов, обращение с промышленными отходами, в том числе создание и безопасная эксплуатация полигонов промышленных отходов; обобщение и систематизация результатов научных исследований путем создания баз данных и географических информационных систем; подготовка и повышение квалификации научных и научно-технических кадров для атомной отрасли; проведение аварийно-спасательных и других неотложных работ (газоспасательные, поисково-спасательные, работы по ликвидации последствий радиационных аварий) на опасных производственных объектах

М.П.

Руководитель органа по подтверждению соответствия или уполномоченное им лицо

подпись — Каримова Н.А. — инициалы, фамилия

Эксперт-аудитор

подпись — Губарева С.Н. — инициалы, фамилия

0.7-сурет. Сәйкестік сертификаты ҚР СТ ISO 9001-2016 (ISO 9001:2015) «Сапа менеджменті жүйелері. Талаптар»

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ МЕМЛЕКЕТТІК ТЕХНИКАЛЫҚ РЕТТЕУ ЖҮЙЕСІ

"Менеджмент жүйелерін сертификаттаудың республикалық орталығы"ЖШС МЖ СРО

Нұр-Сұлтан қ-сы, Сарайшық к-сі, 5/1 үй, 15 кеңсе

KZ.Q.01.0448 **КСС № 0106774**

СӘЙКЕСТІК СЕРТИФИКАТЫ

Мемлекеттік тізілімде **2019** ж. «**18**» желтоқсан тіркелді

№ **KZ.7100448.07.03.00217** **2022** ж. «**18**» желтоқсан дейін жарамды

Алғашқы сертификаттау күні **2015** ж. «**26**» тамыз

Осы сертификат **ҚР ЭМ «Қазақстан Республикасының Ұлттық ядролық орталығы» ШЖҚ РМК, ҚР, ШҚО, Курчатов қ-сы, Бейбіт атом к-сі, гим. 2 Б**

берілді және **ЖҮЙЕНІҢ** экологиялық менеджменті

сертификаттау саласы қосымша құжат КСК №0018636 бойынша

қатысты

ҚР СТ ISO 14001-2016 (ISO 14001:2015) «Экологиялық менеджмент жүйелері. Қолдану жөніндегі талаптар мен басшылық» талаптарға сәйкес келетінін куәландырады

М.О.

Сәйкестікті растау жөніндегі органның басшысы немесе ол уәкілеттік берген тұлға

Каримова Н.А.

Сарапшы-аудитор

Губарева С. Н.

ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА
ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

ОПС СМ ТОО "Республиканский центр сертификации систем менеджмента"

г. Нур-Султан, ул. Сарайшык, дом 5/1, офис 15

KZ. Q.01.0448 КСС № 0106774

СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ

Зарегистрирован в Государственном реестре

« 18 » декабря 2019 г. № KZ.7100448.07.03.00217

Действителен до « 18 » декабря 2022 г.

Дата первичной сертификации « 26 » августа 2015 г.

Настоящий сертификат выдан РГП на ПХВ «Национальный ядерный центр Республики Казахстан» МЭ РК, РК, ВКО, г. Курчатов, ул. Бейбіт атом, зд. 2 Б

и удостоверяет, что СИСТЕМА экологического менеджмента

применительно к области сертификации согласно приложению КССП №0018636

соответствует требованиям СТ РК ISO 14001-2016 (ISO 14001:2015) «Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению»

М.П.

Руководитель органа по подтверждению соответствия или уполномоченное им лицо
Каримова Н.А.
подпись инициалы, фамилия

Эксперт-аудитор
Губарева С. Н.
подпись инициалы, фамилия

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ МЕМЛЕКЕТТІК ТЕХНИКАЛЫҚ РЕТТЕУ ЖҮЙЕСІ

Менеджмент жүйесінің сәйкестік сертификатына

ҚОСЫМША 0018636

Қосымша № KZ.7100448.07.03.00217
сәйкестік сертификатының ажырамас
бөлігі болып табылады

Ядролық физика, қатты дене физикасы, радиациялық материалтану, ядролық реакторлар физикасы мен техникасы, соның ішінде ядролық және термоядролық қондырғыларды, иондаушы сәулелену көздерін, ядролық материалдарды, радиоактивті заттарды пайдалану арқылы, атом энергетикасының қауіпсіздігін негіздеу, радиоэкологии және жарылыс іс саласында ғылыми зерттеулер жүргізу: ядролық материалдармен, иондаушы сәулелену көздерімен және радиоактивті заттармен пайдаланылған ядролық отынды қоса алғанда радиоактивті қалдықтармен жұмыс істеу, соның ішінде есепке алу және бақылау, радиоактивті қалдықтар көмділерін құру және қауіпсіз пайдалану; атом (ядролық және термоядролық) энергиясын пайдалану объектілерін жобалау, салу, пайдалануға енгізу, пайдалану, консервациялау және пайдаланудан шығару; ядролық қондырғылар мен ядролық материалдарды физикалық қорғауды қамтамасыз ету; ядролық сынақтарды салдарларын зерделеу және жою, ядролық сынақтар жүргізілген жерлерді радиоэкологиялық мониторингтеу; ядролық-физикалық және химиялық әдістерді қолдана отырып, заттардың құрамына талдамалық зерттеулер жүргізу; сәулеттік және құрылыстық жобалау, құрылыс-монтаждау жұмыстарын орындау; табиғатты қорғау іс-шараларын әзірлеу және орындау; өнеркәсіптік қалдықтарды өңдеу бойынша ғылыми зерттеулер жүргізу және технологиялар әзірлеу; өнеркәсіптік қалдықтармен жұмыс істеу, соның ішінде өнеркәсіптік қалдықтар полигондарын құру және қауіпсіз пайдалану; деректер базаларын және географиялық ақпараттық жүйелерді құру жолымен ғылыми зерттеулердің нәтижелерін қорытындылау және жүйелеуір; атом саласы үшін ғылыми және ғылыми-техникалық кадрларды даярлау және біліктілігін арттыру; қауіпті өндірістік объектілерде авариялық-құтқару жұмыстарын және басқа да сауырт жұмыстарды жүргізу (таудан құтқару, іздеу-құтқару, радиациялық авариялардың салдарын жою жұмыстары)

Сәйкестікті растау жөніндегі органның басшысы немесе ол уәкілеттік берген тұлға

Каримова Н.А.

М.О.

Сертификат-аудитор

Губарева С.Н.

ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА
ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

ПРИЛОЖЕНИЕ 0018636

к сертификату соответствия системы менеджмента

Приложение является неотъемлемой
частью сертификата соответствия
№ KZ.7100448.07.03.00217

Проведение научных исследований в области ядерной физики, физики твердого тела, радиационного материаловедения, физики и техники ядерных реакторов, в том числе с использованием ядерных и термоядерных установок, источников ионизирующего излучения, ядерных материалов, радиоактивных веществ, обеспечения безопасности атомной энергетики, радиоэкология и взрывного дела; обращение, в том числе учет и контроль ядерных материалов, источников ионизирующего излучения, радиоактивных веществ, радиоактивных отходов, включая отработанное ядерное топливо, создание и безопасная эксплуатация хранилищ радиоактивных отходов; проектирование, сооружение, ввод в эксплуатацию, эксплуатация, консервация и вывод из эксплуатации объектов использования атомной (ядерной и термоядерной) энергии; обеспечение физической защиты ядерных установок и ядерных материалов; изучение и ликвидация последствий ядерных испытаний, радиоэкологический мониторинг мест проведения ядерных испытаний; проведение аналитических исследований с применением ядерно-физических и химических методов; архитектурное и строительное проектирование, выполнение строительно-монтажных работ; разработка и выполнение природоохранных мероприятий; проведение научных исследований и разработка технологий по переработке промышленных отходов, обращение с промышленными отходами, в том числе создание и безопасная эксплуатация полигонов промышленных отходов; обобщение и систематизация результатов научных исследований путем создания баз данных и географических информационных систем; подготовка и повышение квалификации научных и научно-технических кадров для атомной отрасли; проведение аварийно-спасательных и других неотложных работ (газоспасательные, поисково-спасательные, работы по ликвидации последствий радиационных аварий) на опасных производственных объектах

М.П.

Руководитель органа по подтверждению
соответствия или уполномоченное им лицо
Каримова Н.А.
подпись инициалы фамилия

Эксперт-аудитор
Губарева С.Н.
подпись инициалы фамилия

0.8-сурет. Сәйкестік сертификаты ҚР СТ ISO 14001-2016 (ISO 14001:2015) «Экологиялық менеджмент жүйелері. Талаптар және қолдану жөніндегі нұсқаулық»

2-ҚОСЫМША

ЖҰМЫСТАРДЫ ОРЫНДАУ ҮШІН ҚОЛДАНЫЛАТЫН МАТЕРИАЛДЫҚ-ТЕХНИКАЛЫҚ ЖӘНЕ ӘДІСТЕМЕЛІК БАЗА

1. Жұмыстарды көлікпен қамтамасыз ету

Далалық жұмыстарды жүргізу үшін Институт өз иелігіндегі мынадай көлік құралдарын пайдаланды:

- далалық топтарға далалық жұмыстарды жүргізуге және Институт зертханасына қоршаған орта сынамасын тасымалдауға мүмкіндік беретін өткіштігі жоғары жүк-жолаушы автомобильдері (УАЗ);
- дала жағдайларында жоғары технологиялық жабдықты пайдалана отырып зертханалық зерттеулер жүргізуге мүмкіндік беретін «Форд» және «КАМАЗ» автомобильдері базасындағы арнайы жылжымалы зертханалар;
- дала лагері инфрақұрылымдарының, жабдықтың және басқа да жүктердің орын ауыстыруын қамтамасыз ететін жүк автомобильдері.

2. Қоршаған орта сынамаларын іріктеп алуды қамтамасыз ету

Қоршаған орта сынамаларын іріктеп алу үшін қажетті механизмдер, түрлі мақсаттағы жабдықтар мен құралдар пайдаланылды.

Кешенді экологиялық зерттеп-қарау шеңберінде қоршаған орта сынамаларын іріктеп алуды қамтамасыз еткен негізгі жабдықтардың тізімі кестеде келтірілген (0.1-кесте).

0.1-кесте. Далалық жұмыстарды жүргізу үшін қолданылған жабдықтар

Жабдықтардың түрі	Тағайындалуы
«БРИЗ» радиоактивті газды-аэрозольді қоспалардың шығын өлшегіш-сынама іріктегіші	Ауа аэрозольдері сынамаларын іріктеп алу
Davis Vantage Vue метеостансасы	Метеорологиялық параметрлерді өлшеу

Жабдықтардың түрі	Тағайындалуы
Gaimin GPSMAP 62s навигациялық қабылдағышы	Жергілікті жерде жайластыру
КамАЗ 43118 автомобилі базасындағы ЛБУ 50-07 бұрғылау қондырғысы	Ұңғымаларды бұрғылау және тазалау
Урал шассиіне арналған УРБ 2А2 бұрғылау қондырғысы	Ұңғымаларды бұрғылау және тазалау
Groundfos ұңғымалық тереңдік сорғысы	Ұңғымадан су тарту және суды іріктеп алу
УСК-ТЭ ұңғымалық сымарқандық электртүйіспелік деңгей өлшеуіші	Жерасты суларының деңгейін өлшеу
Гидрологиялық аспап (термометр цифрлық)	Гидрогеологиялық параметрлерді өлшеу
Solinst 429 судың нүктелік сынама іріктегіші	Су сынамасын іріктеп алу
Solinst 316L гидрологиялық аспабы	Су сынамасын іріктеп алу
КВ 12/12 палубалы компрессор	Ұңғымаларды бұрғылау және тазалау
Келесілер енетін тұрғын модуль: тұрғын бөлмежайлар, санөткізгіш, дизель электрогенератор (ДЭС), шаруашылық бөлмежайлар. ААЦ 8742-01	Далалық инфрақұрылым
МКС-АТ1117М дозиметр-радиометрі	Радиациялық параметрлерді өлшеу (α- және β-бөлшектер ағынының тығыздығы, ЭДҚ)
МКС-АТ6130 дозиметр-радиометрі	Радиациялық параметрлерді өлшеу (β-бөлшектер ағынының тығыздығы, ЭДҚ)
GNSS Trimble Epoch 50 жерсеріктік геодезиялық жабдығы	Іріктеу нүктелерін жайғастыру жүйесі
HARSHAW 6600 персоналды дозиметрлік бақылау жүйесі	Персоналды жеке дозиметрлік бақылауды қамтамасыз ету

3. Зертханалық зерттеулерді қамтамасыз ету

Институт зертханалары қажетті техникалық аспаптармен және жыл сайынғы метрологиялық тексеруден өткен құралдармен жабдықталған. Зертханалық талдауларды жүргізу үшін Қазақстан Республикасының Мемлекеттік тізіліміне енгізілген өлшеулерді орындау әдістемелері қолданылды.

Өлшеулердің нақтылығы Институт қолданысындағы сапа менеджменті жүйесімен және экологиялық менеджмент жүйесімен

(ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, ISO 19011-2011), сондай-ақ қолда бар аккредиттеу аттестатымен қамтамасыз етілді.

Кешенді экологиялық зерттеу шеңберінде зертханалық жұмыстарды жүргізуді қамтамасыз ететін негізгі жабдықтардың тізімі кестеде келтірілген (0.2-кесте).

0.2-кесте. Зертханалық жұмыстар жүргізу үшін пайдаланылған жабдық

Жабдық түрі	Тағайындалуы
Жартылай өткізгішті альфа-спектрометрлер	$^{239+240}$Pu меншікті белсенділігін анықтау
Аса таза германийден жасалған жартылай өткізгішті детекторлары бар гамма-спектрометрлер	γ-сәуле шығаратын радионуклидтердің меншікті белсенділіктерін анықтау
Сұйық сцинтилляциялық бета- спектрометрлер	β-сәуле шығаратын радионуклидтердің меншікті белсенділіктерін анықтау
Сцинтилляциялық бета-спектрометрлер	
Индуктивті-байланысқан плазмалы масс – спектрометр	Радионуклидтердің төмен фонды шоғырлануларын анықтау
Индуктивті-байланысқан плазмалы атомды-эмиссиялық спектрометр	
Лазерлі изотопты су талдағышы	^{2}H/^{18}O тұрақты изотоптарының қатынастарын анықтау
Өте таза су алуға арналған құрал (деионизатор)	Өте таза су алуға арналған
Жабдық түрі	Тағайындалуы
Медициналық электрлік аквадистиллятор	Дистилденген суды өндіру
Зертханалық араластырғыш	Конусты шынысауыттардағы сұйық үлгілерді араластыру
Орбиталық шейкер	Конусты шынысауыттардағы сұйық үлгілерді араластыру
Зертханалық центрифуга	Біртекті емес сұйық жүйелерді бөлу
Электрлік қыздыру платформалары	Сұйықтықтарды (ерітінділерді) қыздыру және температураны ұстау
S-220 Seven Compact pH-метрі	pH және тотығу-тотықсыздандыру үдерістерін өлшеу
Муфель пештері	Қоршаған орта сынамаларын күлдеу
Кептіру шкафтары	Ауа ортасында кептіру, қыздыру, термиялық өңдеу
Дискілі дірілді диірмендер	Майдалау
Зертханалық таразы	Заттектердің массасын өлшеу
Шынысауыт қыздырғыш	Су, топырақ сынамаларын дистилдеу
Магнитті араластырғыштар	Сынамаларды шоғырландыру
Мұздатқыштар	Үлгілерді төмендетілген температурада сақтау
Тоңазытқыштар	

Жабдық түрі	Тағайындалуы
Аналитикалық елеуіш машина	Топырақты фракцияларға бөлу
pH-метр/иономер	pH өлшеу
Спектрофотометрлер	Өткізу, оптикалық тығыздық коэффициентін өлшеу
Метеорологиялық барометр-анероид	Атмосфералық қысымды өлшеу

4. Кешенді экологиялық зерттеп-қарау бойынша жұмыстарды әдістемелік қамтамасыз ету

Топырақ жамылғысының радиациялық ахуалын анықтау

Топырақтағы радионуклидтердің алаңдық белсенділіктерін анықтау үш кезеңнен тұрды: топырақтан сынама алу (жербеткі және қабаттық), іріктеліп алынған сынамаларды зертханалық талдауға дайындау және радионуклидтердің құрамын анықтау.

Топырақтың беткі қабатынан сынаманы іріктеп алу МЕМСТ 17.4.3.01-83 [218] сәйкес 1x1 км барлау торының түйіндік нүктелерінде жүргізілді. Әрбір нүктелік топырақ сынамасын іріктеп алу ауданы 200 см^2, ал іріктеп алу тереңдігі 5 см құрады.

Топырақ сынамаларын қабаттап іріктеп алу 0-3, 3-6, 6-9, 9-12, 12-15, 15-18, 18-21, 21-24, 21-27, 27-30, 30-35, 35-40, 45-50 см қадамдарымен жүргізілді. Кейбір жағдайларда дамымаған топырақтағы аралықтар 0-2, 2-5, 5-10, 10-15 см құрады. Әр қабаттың сынама алу ауданы зерттеу алаңының шамамен 200 см^2 құрады. Қабатты топырақ сынамаларын іріктеп алу орындары топырақ контурларының таралуын ескере отырып салынды және ССП аумағы топырақтарының барлық негізгі түрлерін, кіші түрлері мен тектерін қамтыды.

^{137}Cs және ^{241}Am радионуклидтерінің белсенділігін анықтау

Гамма-сәуле шығарушы ^{137}Cs және ^{241}Am радионуклидтерінің белсенділігін анықтау үшін сынамаларды дайындау келесідей жүргізілді:

– топырақ үлгісін ауа-құрғақ күйге дейін кептіру;

– топырақтың негізгі массасынан қосындыларды (өсімдіктер мен тастар) бөлу;

– кептірілген сынаманы ұяшықтарының өлшемі 2×2 мм елеуіш арқылы елеу;

– топырақтың жалпы сынамасынан салмағы 500-900 г орташаландырылған өлшендіні шаршылау әдісімен іріктеп алып, пластик контейнерге салу;

– орташаландырылған өлшендісі бар пластик контейнерді гамма-спектрометриялық талдауға жіберу.

Топырақ сынамаларындағы ^{137}Cs және ^{241}Am белсенділігін анықтау «SpectraLine» бағдарламалық қамтамасыз етуін пайдалана отырып, гамма-спектрометрлердегі өлшеу әдістемесіне сәйкес жартылай өткізгіш гамма-спектрометрлердің көмегімен орындалды [219].

Топырақ сынамаларын өлшеу уақыты өлшенетін үлгінің белсенділігіне байланысты 2-ден 8 сағатқа дейінгіні құрады.

^{90}Sr және $^{239+240}$Pu радионуклидтерінің белсенділігін анықталды

^{90}Sr және $^{239+240}$ Pu радионуклидтерінің құрамын анықтау үшін сынамаларды алдын ала дайындау келесі процестерден тұрды:

– гамма-спектрометриялық өлшеуден өткен құрғақ-ауа үлгіден шаршылау әдісімен салмағы 150 г топырақ өлшендісін іріктеп алу;

– топырақтың іріктеліп алынған өлшендісін зертханалық диірменде ұнтақ күйге дейін майдалау;

– ұнтақталғаннан кейін топырақ үлгісінен салмағы 60-70 г топырақ өлшендісін іріктеп алып, соңынан фарфор тигельге салу;

– органикалық заттектерді (өсімдіктердің, жануарлардың және т.б. фрагменттері) жою үшін өлшендіні фарфор тигельде 8 сағат бойы муфельді пеште 550°С температурада қыздыру.

$^{239+240}$Pu белсенділігін анықтау.

Шығындарды есепке алу және химиялық шығуларды бақылау үшін алдын ала қыздырылған және минералданған топырақ үлгісіне радиоактивті белгі – ^{242}Pu және тасымалдаушы – иттрий хлориді (YCl_3) қосылған. Осыдан кейін сынама құрамында плутоний мен иттрийдің бөлінген изотоптары бар қышқылдығы 3 моль/л азот қышқылы ерітіндісін ала отырып, қышқылдардың (HF, HNO_3, HCl) шоғырландырылған ерітінділерімен өңделді. Алынған топырақ ерітінділері экстрагент – триоктиламин жағылған фторопласт жоңқалары толтырылған шыны бағандардан өткізілді. Плутоний изотоптары бағандарда қалып, стронций-иттрий изотоптары және басқа макроқоспалар элюирлейтін ерітіндімен (3M HNO_3) өтіп кетті. Содан кейін плутоний изотоптары еріткіш ерітінді – изопропил спиртін қолдану арқылы ион алмастырғыш бағандардан бөлініп алынды. Спектрометриялық көзді дайындау үшін плутоний изотоптары нашар еритін қосылыс – неодим фторидімен (NdF_3) бірге тұндырылды. Алынған тұнба мембраналық сүзгіге бекітілді.

Дайындалған үлгілердегі $^{239+240}Pu$ белсенділігі жартылай өткізгіш альфа-спектрометрлердің көмегімен анықталды [221]. Үлгілерді өлшеу уақыты көздің белсенділігіне және қажетті статистикалық дәлдікке байланысты болды. Экспозицияланудың орташа уақыты 4 сағатты құрады.

^{90}Sr белсенділігін анықтау

Иттрий изотоптары стронций изотоптарымен аз еритін қосылыс- кальций фторидін (CaF_2) тұндыру арқылы бөлінді. Алынған тұнба центрифугалау арқылы аналық ерітіндіден бөлініп, шоғырлануы 0,5 моль/л болатын тұз қышқылының әлсіз ерітіндісінде қайнату арқылы ерітілді және кедергі келтіретін радионуклидтер мен матрицалық элементтерден тазарту үшін экстрагент – Ди-2-этил-гексилфосфор қышқылы (Д2ЕГФК) жағылған фторпластикалық жоңқалар толтырылған шыны бағандардан өткізілді. Иттрий изотоптары шоғырлануы 6 моль/л тұз қышқылының кө-

мегімен элюирленді және ерітіндіден аз еритін иттрий гидроксидін ($Y(OH)_3$) бөліп алу арқылы әрі қарай тазартылды. Алынған тұнба аналық ерітіндіден бөлініп, 1M HNO_3 ерітіндісінің көмегімен ерітілді. Алынған ерітінді мөлшерленіп сцинтилляциялық виалаға ауыстырылады және ^{90}Y белсенділігі өлшенеді. Талданатын үлгілерде Sr-Y арасында радиоактивті тепе-теңдік бар болғандықтан, ^{90}Y өлшенген белсенділігі ^{90}Sr белсенділігіне тең.

Осылайша, үлгілердегі ^{90}Sr белсенділігін анықтау сұйық-сцинтилляциялық спектрометрде черенковтық сәуле шығару бойынша сынама ерітіндісіндегі ^{90}Y еншілес радионуклидінің меншікті белсенділігін тікелей өлшеу арқылы анықталды [220]. Қоршаған орта үлгілерін өлшеу уақыты 2 сағатты құрады.

Жербеткі және жерасты суларының радиациялық ахуалын анықтау

Жербеткі сулардың сынамалары бастаулар мен жербеткі суайдынан (көлдер, бұлақтар) іріктеліп алынды. Жербеткі сулар сынамаларын іріктеп алу СТ МЕМСТ Р 51593-2003 [221], ҚР СТ МЕМСТ Р 51592-2003 [222] және ҚР СТ 1545-2006 [223] сынамаларды іріктеп алуға қоятын жалпы талаптарына сәйкес жүргізілді.

Жерасты суларының сынамалары құдықтар мен ұңғымалардан іріктеліп алынды. Жерасты суларының сынамаларын іріктеп алу СТ МЕМСТ Р 51593-2003 [222], ҚР СТ МЕМСТ Р 51592-2003 [223] және ҚР СТ ISO 5667-11-2012 [224] сынамаларды іріктеп алуға қоятын жалпы талаптарына сәйкес жүргізілді.

Барлық су сынамалары жербеткі суайдынына берілген тереңдікке батырылатын сынама алғыштың (батометр) көмегімен алынды. Сынама көлемі 0,02 л және 10 л пластикалық ыдыстарға іріктеліп алынды. Су сынамасы іріктеліп алынғаннан кейін бірден «көк таспа» сүзгісі арқылы сүзіліп, pH=2-3 дейін азот қышқылымен қышқылдандырылды. ^{3}H құрамын анықтау үшін іріктеліп алынған су сынамалары қышқылдандырылмай, бірден зертханаға

тасымалданып, талдауға жіберілді. Қышқылдандырылған (консервіленген) су сынамаларын талдауға дейін 1 айдан аспайтын мерзімде сақтауға болады.

^{137}Cs және ^{241}Am радионуклидтерінің белсенділігін анықтау

Зертханалық өлшеулер жүргізуден бұрын гамма-сәуле шығаратын ^{137}Cs және ^{241}Am радионуклидтерінің белсенділігін әдістеме талаптарына сәйкес анықтау үшін су сынамалары дайындалды [225]. Ол үшін тиісті реагенттердің (мыс гексацианоферратында ^{137}Cs бірге тұндыру, темір гидроксидінде ^{241}Am бірге тұндыру) көмегімен көлемі 10 л су сынамасынан анықталатын радионуклидтерге химиялық шоғырландыру жүргізілді.

Жербеткі және жерасты суларының сынамаларындағы ^{137}Cs және ^{241}Am белсенділіктерін анықтау «SpectraLine» бағдарламалық қамтамсыз етуді пайдалана отырып, гамма-спектрометрлерде өлшеу әдістемесіне сәйкес жартылай өткізгіш гамма-спектрометрлердің көмегімен орындалды [220]. Өлшеу уақыты 2 сағаттан 8 сағатқа дейін құбылды және өлшенетін су сынамасының белсенділігіне байланысты болды.

^{90}Sr және $^{239+240}$Pu радионуклидтерінің белсенділігін анықтау

^{90}Sr және $^{239+240}$Pu радионуклидтерінің белсенділігін анықтау үшін полигоннан іріктеліп алынған жербеткі және жерасты суларының сынамаларын дайындау да әдістеме талаптарына сәйкес жүргізілді [226].

Тиісті реагенттердің көмегімен көлемі 10 л кем емес су сынамасынан анықталатын радионуклидтерге химиялық шоғырландыру жүргізілді (темір гидроксидінде $^{239+240}$Pu бірге тұндыру, кальций карбонатымен ^{90}Sr бірге тұндыру).

Жербеткі және жерасты суларының сынамаларындағы ^{90}Sr белсенділігін анықтау ^{90}Y еншілес өнімі бойынша радионуклидтердің белсенділігін өлшеу әдістемесіне сәйкес сұйық сцинтилляциялық бета-спектрометрдің көмегімен жүргізілді [226]. Әрбір су сынамасын өлшеу уақыты 2 сағатты құрады.

Есептік үлгілердегі $^{239+240}Pu$ белсенділігін анықтау қоршаған орта объектілеріндегі жасанды радионуклидтердің меншікті белсенділіктерін анықтау әдістемесіне сәйкес жартылай өткізгіш альфа-спектрометрлер көмегімен оындалды [226]. Өлшеу уақыты көздің белсенділігіне және қажетті статистикалық дәлдікке байланысты болды. Әрбір су сынамасын өлшеу уақыты орташа алғанда 4 сағатты құрады.

^{3}H радионуклидінің белсенділігін анықтау

^{3}H радионуклидінің құрамын анықтау үшін су сынамаларын дайындау келесі сұлба бойынша ISO 9698:2019 (E) [9] халықаралық стандартының ұсынымдарын пайдалана отырып жүргізілді:

– үлгілерді кедергі жасайтын бета-сәуле шығаратын радионуклидтерден және сцинтилляциялық өлшемдерге кедергі келтіретін қосылыстардан тазарту үшін айналмалы буландырғыштың көмегімен су сынамаларын дистилляциялау;

– қоспалардан тазартылған көлемі 3 мл су үлгісін (аликвота) 1:3 қатынасында сцинтилляциялық коктейльмен араластыру (үлгі – сцинтиллятор қатынасы).

Жербеткі және жерасты суларының сынамаларындағы ^{3}H құрамын анықтау ISO 9698:2019 халықаралық стандартын [227] қолдана отырып, сұйық сцинтилляциялық бета-спектрометрдің көмегімен жүзеге асырылды. Бір сынаманы экспозициялау уақыты 10 сағатты құрады.

Атмосфералық ауаның радиациялық ахуалын анықтау

Атмосфералық ауада ядролық сынақтар жүргізудің нәтижесінде пайда болған радионуклидтердің орташа жылдық көлемдік белсенділігін анықтау екі әдіспен жүргізілді: есептеу әдісі және бір реттік көлемдік белсенділікті анықтау әдісі.

Атмосфералық ауадағы радионуклидтердің орташа жылдық көлемдік белсенділігін есептеу әдісімен анықтаудың есептік әдісі

Атмосфералық ауадағы радионуклидтердің орташа жылдық көлемдік белсенділігін есептеу әдісімен анықтау үшін МЕМСТ 17.4.3.01-83 [219] сәйкес топырақтың нүктелік үлгілері іріктеліп алынды. Топырақтың әрбір нүктелік сынамасын іріктеудің ауданы 100 см^2, ал іріктеп алу тереңдігі 5 см болды.

Топырақ сынамаларын радионуклидтер құрамын анықтауға дайындау

Гранулометриялық фракциялау

Топырақты гранулометриялық фракцияларға бөлу үшін дәйекті түрде екі әдіс қолданылды: «дымқыл» елеу және седиментация.

«Дымқыл» елеу. Массасы 600 г топырақ сынамасы дистилденген сумен ылғалдандырылды және резеңке ұштығы бар келсапты пайдаланып фарфор үккіште ұнтақталды. Алынған топырақ суспензиясы жоғарыдан төмен қарай кему ретімен орналасқан ұяшықтарының өлшемдері 250, 40 мкм елеуіштер бағанына бөліктермен жіберілді. Осылайша, «дымқыл» елеу әдісімен 1000–40 мкм фракциялар бөлініп алынған. Ойықтарының өлшемі 40 мкм елеуіштен өткен фракция одан әрі седиментациялық талдауға жіберілді.

Седиментациялық талдау. Елеуіштен өткізгеннен кейін алынған топырақ суспензиясы көлемі 1 литрлік өлшеуіш цилиндрге (су бағанының биіктігі 352 см) құйылып, тұнба түбінен бастап толығымен лайланғанша шайқалып, қажетті уақыт мөлшерінде тұндырылды. Тұндыру уақыты өткеннен кейін тұнба үстілік суспензияны бөлек ағызып алып, ал түбіндегі тұнба 1000-40 мкм фракциямен бірге бөлек ыдысқа жиналды, кептіріліп, өлшенді. Суспензияның тұндыру уақыты орташа есеппен 17 минутты құрады және стандартты әдістемеге сәйкес суспензия темпера-

турасына байланысты түзетілді [227]. Бөлек ағызып алынған суспензиядағы тұнбаған бөлшектер центрифугалау арқылы бөлінді. Центрифугалаудан кейінгі фракция фарфор ыдысқа салынды, кептірілді және өлшенді.

^{137}Cs, ^{241}Am, ^{137}Cs және ^{241}Am радионуклидтерінің белсенділігін анықтау әдістері әдістемелерге [220, 221] сәйкес «Топырақ жамылғысының радиациялық ахуалын анықтау» (2-ҚОСЫМША) тармағында сипатталған процестердегідей жүргізілді.

Атмосфералық ауадағы радионуклидтердің бір реттік көлемдік белсенділіктерін анықтау

Атмосфералық ауа аэрозольдерінің сынамаларын іріктеп алу МЕМСТ 17.2.3.01-86 [11] сәйкес орындалды және жер бетінен 1,5 м биіктікте жүргізілді. Сондай-ақ ауа сынамасын іріктеп алу үшін жасыл желектердің болуынан өлшеу нәтижелерінің бұрмалануына жол бермеу мақсатында ашық, жан-жақты желдетілетін топырағы қатты жер таңдалды. Атмосфералық ауаның радиоактивті аэрозольдермен ластану дәрежесін анықтау үшін сынамаларды іріктеу ҚР СТ СТБ 1058-2006 [229] сәйкес Петрянов ұсақ талшықты сүзгісі арқылы сүзгілі-желдеткішті қондырғының көмегімен аспирациялық әдіспен жүргізілді. Сүзгілі-желдеткішті қондырғы 1500 м^3/сағ өнімділікті қамтамасыз етті, сүзгі арқылы айдалатын ауаның орташа көлемі 3700 м^3 (3,7 × 10^6 л) құрады.

^{137}Cs және ^{241}Am радионуклидтерінің белсенділігін анықтау

Ауа аэрозольдерінің сынамасы муфельді пеште 6 сағат бойы 390°С температурада күлдендірілді.

Содан соң ауаның күлді сынамасы өлшеніп, көлемі 5 мл пластик контейнерге салынып, гамма-спектрометриялық өлшемдерге жіберілді.

Сынамалардағы ^{137}Cs және ^{241}Am белсенділіктерін анықтау әдістемеге сәйкес жартылай өткізгішті гамма-спектрометрлердің көмегімен орындалды [230]. Ауа сынамаларын өлшеу уақыты өлшенетін үлгінің белсенділігіне қарай 4 сағатты құрайды.

^{90}Sr және $^{239+240}$Pu радионуклидтерінің белсенділігін анықтау

$^{239+240}$Pu және ^{90}Sr белсенділіктерін анықтау үшін радиохимиялық талдау жүргізер алдында ауа аэрозольдерінің үлгілері алдын ала дайындықтан өтті. Әрбір үлгі 550 °С температурада муфельді пеште 5-6 сағат бойы қосымша күлдендірілді, содан кейін күл түріндегі үлгі өлшеніп, мұқият араластырылды және екі тең бөлікке бөлінді, оның бір бөлігі $^{239+240}$Pu радиохимиялық бөліп алуға, екіншісі – ^{90}Sr радиохимиялық бөліп алуға жіберілді.

^{90}Sr радионуклидінің белсенділігін анықтау

Күл үлгісінің өлшендісіне тұрақты стронций ерітіндісі енгізілді, содан соң үлгі 6М HCl ерітіндісімен қыздыру арқылы өңделді, ерітіндіге стронций изотоптарын алу үшін аз мөлшерде H_2O_2 қосылды.

Радиохимиялық тазарту және стронций изотоптарын қышқылды сілтіден бөліп алу коллекторларды (темір гидроксиді және стронций карбонаты) ретімен тұндыру арқылы жүзеге асырылды. Стронцийдің бөлініп алынған изотоптары бар фракция екі апта бойы ^{90}Y еншілес радионуклидін жинақтау үшін ұсталды. Радиоактивті тепе-теңдікке қол жеткізілгеннен кейін иттрий аналық радионуклидтен $Y(OH)_3$ гидроксиді түрінде тұндыру арқылы бөлініп, 1 М тұз қышқылы ерітіндісіне ауыстырылды және сұйықсцинтилляциялық спектрометрде ^{90}Y белсенділігін кейінгі өлшеу үшін полиэтилен виалаға ауыстырылды.

$^{239+240}$Pu радионуклидінің белсенділігін анықтау

Дайындалған күл үлгісіне ^{242}Pu изотоптық белгісі енгізілді, содан кейін өлшенді топырақ матрицасы толығымен ерігенше және плутоний изотоптары еріген күйге ауысқанша фторсутекті және азот қышқылдарының шоғырландырылған ерітінділерімен және олардың қоспаларымен қыздыру арқылы өңделеді.

Плутоний изотоптары IV-валенттік күйде тұрақтандырылды және макро- және микроэлементтерді, басқа альфа-сәуле шығаратын радионуклидтердің қоспаларын жою үшін күшті негіздік

анионит толтырылған ион алмастырғыш бағандардан өтті. Бұдан әрі плутоний изотоптары алынған қышқылды ерітіндіден тот баспайтын болаттан жасалған дискілерге электролиз қондырғысының көмегімен бөлініп, альфа-спектрометриялық өлшеулерге жіберілді.

Есептік үлгілердегі $^{239+240}Pu$ белсенділігін анықтау қоршаған орта объектілеріндегі жасанды радионуклидтердің меншікті белсенділігін анықтау әдісіне ұқсас жартылай өткізгішті альфа-спектрометрлердің көмегімен орындалды [221].

Өлшеу уақыты көздің белсенділігі мен талап етілетін статистикалық дәлдікке байланысты болды. Экспозициялаудың орташа уақыты 4 сағатты құрады.

Өсімдік әлемінің радиациялық ахуалын анықтау

Өсімдік сынамалары аралас үлгілер немесе ССП аумағындағы жануарлардың жемшөптік мәзірінің негізін құрайтын жекелеген өсімдіктер түрлері болды.

Өсімдіктер сынамаларын алу өсімдіктердің өсу тығыздығына және өнімділігіне байланысты 2-4 м^2 учаскеде жүргізілді. Әрбір іріктеліп алынған өсімдік сынамасының массасы кемінде 300 грамм болды. Шөптесін өсімдіктердің жерүстіндегі бөлігі топырақ бетінен 3 см-ге дейін, ірі шөптер – 6 см-ге дейін биіктікте кесілген, жартылай бұталардың ағымдағы жылғы өскіндері кесілген.

^{137}Cs және ^{241}Am радионуклидтерінің белсенділігін анықтау

Өсімдік сынамаларын радионуклидтердің белсенділіктерін анықтау үшін талдауларға дайындау келесі кезеңдерден құралды:

– сыртқы ластануларды жою үшін өсімдік сынамаларын ағын сумен жуу;

– өсімдік сынамаларын толығымен кепкенге дейін 3-5 сағат бойы 100±2 °С температурада кептіру;

– өсімдік үлгісін сорғыш шкаф астында электрлік плитада 150-250 °С бастапқы температурада немесе муфельді пеште 400 °С

температурада ақ немесе ақшыл сұр түсті күл алынғанша мезгіл-мезгіл араластыра отырып қыздыру арқылы көмірлеу;

– күлденген сынаманы ұнтақ тәрізді күйге дейін майдалау және оны пластик контейнерге салу;

– орташаландырылған өлшендісі бар пластик контейнерді гамма-спектрометриялық талдауға жіберу.

Сынамалардағы ^{137}Cs және ^{241}Am белсенділіктерін анықтау жартылай өткізгішті гамма-спектрометрлердің көмегімен әдістемеге сәйкес орындалды [231]. Өсімдік сынамаларын өлшеу уақыты өлшенетін сынаманың белсенділігіне байланысты 4 сағатты құрады.

$^{239+240}$Pu және ^{90}Sr радионуклидтерінің белсенділігін анықтау

Сынамалардағы ^{90}Sr және $^{239+240}$Pu радионуклидтерінің белсенділіктерін анықтау радионуклидтердің белсенділіктерін өлшеу әдістемесіне сәйкес орындалады [221].

Өсімдік сынамаларын ^{90}Sr және $^{239+240}$Pu белсенділіктерін анықтау үшін алдын ала дайындау келесі кезеңдерден тұрды:

– гамма-спектрометриялық өлшеуден өткен үлгіден өсімдік өлшендісін кейіннен зертханалық фарфор шыныаяққа сала отырып, шаршылау әдісімен іріктеп алу;

– органикалық заттектерді жою үшін өлшендіні фарфор ыдыста муфель пешінде 550 °С температурасында ұзақ уақыт бойы (32-ден 96-ға дейін және одан артық) қыздыру;

– өсімдіктің күлденген сынамасын қоспаларды (көмір, құм) жою және сынаманың күлдену коэффициентін анықтау үшін елеу;

– $^{239+240}$Pu және ^{90}Sr радиохимиялық бөлінуіне жіберу үшін күл өлшендісінің қажетті массасын шыны ыдысқа іріктеп алу.

Радиохимиялық талдаудан өткен үлгілердегі ^{90}Sr белсенділігін анықтау сұйық сцинтилляциялық бета-спектрометрдің көмегімен жүргізілді, бұл ретте өлшеу уақыты 2 сағатты құрады.

Радиохимиялық талдау жүргізудің нәтижесінде дайындалған есептік үлгілердегі $^{239+240}$Pu белсенділігін анықтау жартылай

өткізгішті альфа-спектрометрлердің көмегімен орындалды. Өлшеу уақыты өсімдік сынамасының белсенділігіне байланысты құбылып отырды және орташа есеппен 4 сағатты құрады.

Жануарлар әлемінің радиациялық ахуалын анықтау бойынша жұмыстар

Зерттеліп жатқан ^{137}Cs және ^{90}Sr радионуклидтерінің белсенділіктерін анықтау екі әдіспен жүзеге асырылды: тәжірибелік және есептік әдістер.

Жануарлар бұлшықеттері ұлпаларындағы (еттеріндегі) ^{137}Cs және ^{90}Sr радионуклидтерінің меншікті белсенділіктерін тәжірибелік анықтау

Жануарлар бұлшықеттері ұлпаларының (еттерінің) сынамаларын іріктеп алу ҚР СТ 15102006 сынамаларды іріктеудің жалпы талаптарына сәйкес орындалды [231].

^{137}Cs және ^{90}Sr радионуклидтерінің белсенділігін анықтау

Сынамалардағы $^{239+240}$Pu және ^{90}Sr радионуклидтерінің белсенділіктерін анықтау радионуклидтердің белсенділіктерін өлшеу әдістемесіне сәйкес жүргізілді.

^{137}Cs радионуклидінің белсенділігін анықтау

Ет сынамаларын дайындау келесі тармақтардан құралды:

– салмағы кемінде 200 г нүктелік тұтас кесекті сынамалардан салмағы кемінде 1000 г бұлшықет ұлпасының біріктірілген үлгісін қалыптастыру;

– еттің біріктірілген сынамасын (май мен сіңір қосындыларын алдын ала алып тастай отырып) торының ойықтары 4 мм аспайтын еттартқышта ұсақтау және алынған массаны мұқият араластыру;

– ұнтақталған үлгіні 105±2 °С температурада 24-40 сағат бойы (үлгінің ылғалдылығына және оның массасына қарай), толық құрғағанша кептіру;

– кептірілген үлгіні зертханалық диірменде біртекті күйге дейін ұнтақтау;

– ұнтақталған кептірілген үлгіні 400 °С температурада қыздыру арқылы фарфор шыныаяқта көмірлеу;

– суытылған күлденген сынаманы фарфор шыныаяқта келсаптың көмегімен біртекті күйге дейін ұнтақтау, соңынан гамма-спектрометриялық талдауға жібере отырып, алдын ала өлшенген пластик контейнерге салу.

Сынамалардағы ^{137}Cs белсенділігін анықтау әдістемеге сәйкес жартылай өткізгішті гамма-спектрометрлердің көмегімен орындалды [231]. Ет сынамаларын экспозициялау уақыты орташа алғанда 4 сағатты құрады және өлшенетін сынаманың белсенділігіне байланысты болды.

^{90}Sr радионуклидінің белсенділігін анықтау

Жануарлардан алынатын сынамаларды ^{90}Sr анықтау үшін радиохимиялық талдауға дайындау ӨОӘ сәйкес орындалады [232].

Жануарлардан алынатын сынамаларды ^{90}Sr белсенділігін анықтау үшін алдын ала дайындау келесі кезеңдерден тұрды:

– гамма-спектрометриялық өлшеуден өткен күлденген үлгіден өлшендіні кейіннен зертханалық фарфор шыныаяққа сала отырып, шаршылау әдісімен іріктеп алу;

– органикалық заттектерді жою үшін өлшендіні фарфор ыдыста муфель пешінде 550 °С температурасында ұзақ уақыт бойы (32-ден 96-ға дейін және одан артық) қыздыру;

– қоспаларды (көмір, құм) жою және сынаманың күлдену коэффициентін анықтау үшін күлденген сынаманы ұяшықтарының диаметрі 0,1 мм елеуішпен елеу;

– қажетті массадағы күл өлшендісін ^{90}Sr радиохимиялық бөлінуіне жіберу үшін шыны ыдысқа іріктеп алу.

Сынамалардағы ^{90}Sr белсенділігін анықтау радионуклидтер белсенділіктерін өлшеу әдістемесіне сәйкес сцинтилляциялық

бета-спектрометрлердің көмегімен ^{90}Y еншілес өнімі бойынша жүргізілді [221].

Әр сынаманы экспозициялау уақыты 2 сағатты құрады.

Жануарлардың бұлшықет ұлпаларындағы (етіндегі) ^{137}Cs және ^{90}Sr радионуклидтерінің меншікті белсенділіктерін есептік әдіспен анықтау

Жануарлардың бұлшықет ұлпаларындағы ^{137}Cs және ^{90}Sr радионуклидтерінің меншікті белсенділіктерін есептік әдіспен анықтау үшін ССП аумағынан іріктеліп алынған тұяқты жануарлардың нәжістері пайдаланылды.

Нәжіс сынамаларын іріктеу МЕМСТ 27262-87 [233] сәйкес орындалады.

Жануарлар нәжістері сынамаларын радионуклидтер құрамын анықтауға дайындау келесідей жүргізілді:

– нәжіс сынамасын толығымен кепкенге дейін 3-5 сағат бойы 100±2 °С температурасында ауа-құрғақ күйге дейін кептіру;

– кептірілген сынаманы соңынан 350-400 °С температурасында күлдеу үшін фарфор ыдысқа салу;

– суытылған күлденген сынаманы келсаптың немесе зертханалық диірменнің көмегімен біркелкі күйге жеткенге дейін ұнтақтау.

^{137}Cs және ^{241}Am радионуклидтерінің белсенділігін анықтау

Нәжістің күлденген сынамасынан жеткілікті массадағы өлшенді алынып, алдын ала өлшенген контейнерге салынады, соңынан гамма-спектрометриялық өлшеуге тапсырылады.

Сынамадағы ^{137}Cs мен ^{241}Am белсенділіктерін анықтау әдістемеге [230] сәйкес жартылай өткізгішті гамма-спектрометрлердің көмегімен орындалды.

Өлшенетін сынаманың белсенділігіне қарай сынаманың экспозициялану уақыты орташа алғанда шамамен 4 сағатты құрады.

^{90}Sr радионуклидінің белсенділігін анықтау

Нәжіс сынамаларын ^{90}Sr радионуклидтерінің құрамын анықтауға дайындау әдістемеге [221] сәйкес орындалады.

^{90}Sr белсенділігін анықтау үшін жануарлардан алынған сынамаларды алдын ала дайындау келесідей жүргізілді:

– гамма-спектрометриялық өлшеуден өткен үлгіден өсімдіктердің өлшендісін кейіннен зертханалық фарфор ыдысқа сала отырып, шаршылау әдісімен іріктеу;

– органикалық заттектерді жою үшін өлшендіні муфель пешінде фарфор ыдыста 550 °С температурада ұзақ уақыт (32-ден 96 сағ дейін және одан артық) қыздыру;

– өсімдіктің күлденген сынамасын қоспаларды (көмір, құм) жою және сынаманың күлдену коэффициентін анықтау үшін елеу;

– ^{90}Sr радиохимиялық бөлінулерге беру үшін шыны ыдысқа күлдің қажетті массасының өлшендісін іріктеп алу.

Радиохимиялық талдаудан өткен нәжістің үлгілеріндегі ^{90}Sr белсенділігін анықтау сұйық сцинтилляциялық бета-спектрометрдің көмегімен орындалды, бұл реттегі өлшеу уақыты 2 сағатты құрады.

Зертханалық талдау нәтижелерінің сапасын бақылау

Институт зертханаларында талдау нәтижелерінің сапасын бақылауды қамтамасыз ету жүйесі әзірленді және сәтті қызмет етуде. Өлшеу құралдарын тексеру, сынақ жабдықтарын аттестаттау, негізгі және қосымша жабдықты жоспарлы-алдын алу жөндеулері, әдістемелерді өзектендіру, аттестатталған әдістемелерді пайдалану оның міндетті бөлігі болып табылады.

Жұмыс жүргізу тәртібіне сәйкес, әрбір сынама Институттың зертханалық корпусына қабылданып, өлшеу нәтижелері алынғанға дейін жасалған жұмыстың барлық деңгейінде бақылау жүргізілді. Барлық процедураларды сақтау сынамаларды олардың белсенділігі бойынша бөлуді және жұмыс барысында сы-

намалардың айқаспалы радиоактивті ластануына жол бермеуді қамтамасыз етті.

Институтта алынған нәтижелердің сапасына оперативті бақылау да жүргізілді. Ол жекелей алынған бақылау (қайта өндіргіштігін бақылау) сынамалары үшін немесе жұмыс сынамасын қайта талдау (жинақтылығын бақылау) үшін жүргізілген бақылау өлшеулерінің негізінде жүзеге асырылды. Осылайша, өлшеу нәтижелерінің жақындасуын бақылау жұмыс сынамалары бар бір серияда – әрбір 10-шы сынама үшін жүргізілді. Нәтижелердің қайта өндірілуін зерттеп-қарау үшін жұмыстарды жүргізу жоспарына сәйкес кезеңділікпен қоршаған орта объектілері болып табылатын АТЭХАГ стандарттық үлгілері талданды. Сонымен қатар, үлгілердің әрбір топтамасында сынамалардың тазалығын және айқаспалы ластануының болмауын бақылау үшін қоршаған ортаның радиоактивті ластанбаған объектісі болып табылатын «бос» сынама қолданылады.

Стандартты үлгілерді талдау нәтижелерінің нақтылығы мен қайта өндіргіштік нәтижелерін бақылау кестеде берілген (1.2-кесте).

0.4-кесте. Зертханалық талдаулар нәтижелерінің нақтылығы мен қайта өндіргіштігін бақылау нәтижелері

Талдау түрлері	Гамма-спектрометриялық талдау анализ	^{90}Sr радиохимиялық анықтау	$^{239+240}$Pu радиохимиялық анықтау
Орташа ауытқу, %	16	14	7

2019 жылы «Ядролық физика институты» РМК «Кешенді экологиялық зерттеулер орталығы» аккредиттелген орталығы мен «ЭкоЭксперт» ЖШС аккредиттелген сынақ орталығы зертханааралық салыстырмалы сынақтар жүргізді. Аталған сынақтар ҚР СТ ИСО/МЭК 43-1-2003 талаптарына сәйкес жүргізілді. Топырақтағы ^{241}Am, ^{152}Eu, ^{60}Co, ^{90}Sr жасанды радионуклидтерін анықтауға арналған бақылау үлгілері 3 дана көлеміндегі жоғары гомогенизацияланған құрғақ үлгілер болды. Зертханааралық бақылау нәтижелері ^{241}Am бойынша нәтижелердің ауытқуы 5 %-дан,

^{152}Eu бойынша – 8%, ^{60}Co бойынша – 2 %, ^{90}Sr бойынша – 9 % аспайтынын көрсетті. Алынған нәтижелер зертханааралық салыстырмалы сынақтардың нәтижелері бойынша есептелген қайта өндіргіштік нормативіне сәйкес келеді. Есептеу кезінде қолданылатын әдістеменің анықталатын көрсеткіштеріне арналған нәтижелердің 20% тең болатын рұқсат етілетін ауытқуы (белгіленген стандартты ауытқу) ескерілді.

2020 жылы институт «ИЦ Агростандарт-XXI ғасыр» ЖШС провайдері болып табылатын зертханааралық салыстырмалы сынақтарға қатысты. Нәтижелер нормалар шегінде, яғни «жақсы» болды.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Бұрынғы Семей сынақ полигонын қауіпсіз күйге келтіру бойынша ғылыми-техникалық және инженерлік жұмыстар кешенін жүргізу / Н.Ә. Назарбаев, В.С. Школьник, Э.Ғ. Батырбеков, С.А. Березин, С.Н. Лукашенко, М.К. Скаков. – Курчатов, 2016. – 320 б. – ISBN 978-9965-675-93-5.

2. КСРО ядролық сынақтары [КСРО ядролық сынақтарының технологиялары. Қоршаған ортаға әсер. Қауіпсіздікті қамтамасыз ету бойынша шаралар. Ядролық полигондар мен алаңдар] / В.Н. Михайловтың, В.В. Адушкиннің, И.А. Андрюшиннің ред. [және басқ.]. -Т.2. – М: Bell-Atom, LLC-баспа, 1997. – 302 б.

3. КСРО ядролық сынақтары. Семей полигоны. Фактілер. Куәліктер. Естеліктер. Ядролық сынақтардың жалпы және радиациялық қауіпсіздігін қамтамасыз ету / В.А. Логачевтің, Н.П. Волошиннің, А.К. Гуськовтің және басқ. ред. – Мәскеу: Медбиоэкстрем, 1997. – 319 б.

4. И.А. Акчурин, Семей ядролық полигоны. Құрылуы, қалыптасуы, қызметі / И.А. Акчурин – М.: Голден-Би, 2007. – 258 б.

5. Семей сынақ полигоны. Қазіргі кездегі ахуалы / Э.Ғ. Батырбековтың, С.Н. Лукашенконың ред. – 3-басылым, қайта жасалып, толықтырылған. – Павлодар: «Баспа үйі» ЖШС, 2018. – 52 б.

6. КСРО атомдық жобасы. Құжаттар мен материалдар. Атом бомбасы 1945-1954. / Л.Д. Рябевтің жалпы ред.; жауапты құрастырушы Г.А. Гончаров. – Саров: БТФҒЗИ РФЯО, 2006. – Т. 2. – 6-кітап. – 896 б.

7. И.Н. Валынкин, Семей полигонын құру және бірінші ядролық қаруды сынау / И.Н. Валынкин // Атом энергиясы. – 1999. – Т.87. – 6-шығ. – Б.426-432.

8. КСРО ядролық сынақтары: полигондардың қазіргі кездегі радиоэкологиялық ахуалы. Фактілер. Куәліктер. Естеліктер/ В.А. Логачевтің жетекш. – Мәскеу: ИздАТ, 2002. – 652 б. – ISBN 5-86656-135-2.

9. Қазақ Кеңестік Социалистік Республикасы Президентінің 1991 жылғы 29 тамыздағы № 409 «Семей сынық ядролық полигонын жабу туралы» Жарлығы.

10. 1994-1999 жж. ядролық сынақтардың өсімдіктер мен жануарлардың табиғи популяциясына әсер етуінің биологиялық зардаптарын бағалау: «Биолог» ҒЗЖ туралы есеп (қорытынды) / ҚР ҰЯО РМК «Радиациялық қауіпсіздік және экология институты» ЕМК; жет. М.А. Ахметов; жұм. орынд. жет. А.Т. Сейсебаев – Курчатов, 1999. – 175 б.

11. Семей сынақ полигоны аумағындағы және оған іргелесетін аймақтардағы радиоэкологиялық жағдайды бағалау: «Полигон» жылдық есебі / ҚР ҰЯО РМК «Радиациялық қауіпсіздік және экология институты» ЕМК; жет. С.Г. Смагулов – Курчатов, 1996. – 79 б.

12. Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының 1996 жылғы ғылыми-техникалық қызметі (Радиоактивті ластанған аумақтардағы табиғатты қорғау шараларын және бұл аумақтарды халық шаруашылығында пайдалану бойынша ұсыныстарды әзірлеу және енгізу): ҒЗЖ туралы есеп (аннотациялық) / ҚР ҰЯО Радиациялық қауіпсіздік және экология институты; жет. С.Г. Смагулов – Курчатов, 1996. – Б.19-22.

13. 1994-1998 жж. радиоактивті сәуле шығарулардың әрекетін түрлендіретін жаңа тиімді радиопротекторлар мен агенттерді іздеу: «Протектор» ҒЗЖ туралы есеп (қорытынды) / ҚР ҰЯО РМК «Радиациялық қауіпсіздік және экология институты» ЕМК; жет. М.А. Ахметов; жұм. орынд. жет. А.Т. Сейсебаев – Курчатов, 1999. – 107 б.

14. ССП аумағындағы және оған іргелесетін аймақтардағы радиологиялық жағдайды бағалау және мониторингілеу. Табиғатты қорғау шараларын әзірлеу (Полигонның жекелеген учаскелерінің алаңдық ластануын зерттеу): ҒЗЖ туралы есеп (2002 ж. ақпараттық) / ҚР ҰЯО РМК «Радиациялық қауіпсіздік және экология институты» ЕМК; жет. О.И. Артемьев. – Курчатов, 2002. – 11 б.

15. Ядролық жарылыстар жүргізілген жерлерде, оларға іргелесетін аймақтарда, сондай-ақ табиғи және техногендік радиоактивті объектілерге жақын ареалдардағы табиғи ортаның радиоактивті ластануы бойынша қолда бар материалдарды жинау және жалпылау. Радиологиялық карталарды құрастыру: «Ареал» ҒЗЖ туралы есеп (1994-1998 жж. аннотациялық есеп) / ҚР ҰЯО РМК «Радиациялық қауіпсіздік және экология институты» ЕМК; жет. М.А. Ахметов; жұм. орынд. жет. О.И. Артемьев. – Курчатов, 1998 – 11 б.

16. Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының 1998 жылғы ғылыми-техникалық қызметі (Бұрынғы ССП аумағындағы радионуклидтермен ластанған топырақ пен суды тазалаудың биотехнологиялық әдістерін әзірлеу): ҒЗЖ туралы есеп (ақпараттық) / ҚР ҰЯО РМК «Радиациялық қауіпсіздік және экология институты» ЕМК; жет. М.А. Ахметов. – Курчатов, 1998. – Б. 40-42.

17. Бұрынғы Семей сынақ полигонының (ССП) аумағын оны 1998-1999 жж. шаруашылықта пайдалану тұрғысынан саралау: ҒЗЖ туралы есеп (қорытынды) / ҚР ҰЯО РМК «Радиациялық қауіпсіздік және экология институты» ЕМК;жет. М.А. Ахметов;жұм.орынд.жет.Ю.Г. Стрильчук-Курчатов,1999. -12 б. – Библиогр.: б. 11.

18. О.И. Артемьев, Семей сынақ полигонындағы қазіргі кездегі радиациялық жағдай / О.И. Артемьев, Ю.Г. Стрильчук, К.Ш. Жумадилов, В.Н. Ларин // ҚР ҰЯО жаршысы. – 2000. – 3-шығ. – Б. 35-44.

19. Радиоактивті ластану жағдайларындағы өсімдіктердің анатомиялық-морфологиялық ерекшеліктері: ҒЗЖ туралы есеп / Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ; орынд. С.С. Айдосова [және басқ.]. – Алматы, 2002. – 23 б. – Библиогр.: б. 18.

20. Семей сынақ полигоны аумағындағы және оған іргелесетін аймақтардағы радиологиялық ахуалды бағалау және мониторингілеу. Табиғатты қорғау шараларын әзірлеу (Топырақ-өсімдік

жамылғыларының радиоактивті ластануын бағалау және цитогенетикалық мониторингілеу): ҒЗЖ туралы есеп (2002 ж. ақпараттық) /ҚР ҰЯО РМК «Радиациялық қауіпсіздік және экология институты» ЕМК; жет. М.А. Ахметов. – Курчатов, 2002. – 25 б.

21. Полигон аумағына орташа және ұсақ масштабты алаңдық зерттеу жүргізу: ҒЗЖ туралы есеп (қорытынды) / ҚР ҰЯО РМК «Радиациялық қауіпсіздік және экология институты» ЕМК; жет. С.Н. Лукашенко; жұм. орынд. жет. Ю.Г. Стрильчук – Курчатов, 2006. – 35 б. – Библиогр.: б. 30-31.

22. ҚР ҰЯО Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының ғылыми-техникалық қызметі, «Қазақстан Республикасында атом энергетикасын дамыту» 036 ҒТБ бойынша орындалған (Бұрынғы ССП қоршаған ортаға әсерін кешенді бағалау): ҒЗЖ туралы есеп (2004 ж. аннотациялық) / ҚР ҰЯО РМК «Радиациялық қауіпсіздік және экология институты» ЕМК; жет. Л.Д. Птицкая. – Курчатов, 2004. – 31 б.

23. Радионуклидтердің топырақта, суда, өсімдіктерде және жануарларда жылыстауын кешенді зерттеу және радиацияның аздаған созылмалы дозаларының таулы массив штольняларының су білінген орындарындағы биологиялық объектілерге әсері: 2007-2008 жж. ҒЗЖ туралы есеп (қорытынды) / ҚР ҰЯО РМК «Радиациялық қауіпсіздік және экология институы» ЕМК; жет. С.Н. Лукашенко; жұм. орынд. жет. А.В. Паницкий – Курчатов, 2008. – 67 б. – Библиогр.: б. 66-67.

24. В.В. Алексеев, Еліміздің ядролық қалқаны үшін / В.В. Алексеев // Атомдық жобаның тарихы/ Курчатов институты. М.: МҒО-КИ, 1995. – 3-шығ. Б. 57-102.

25. И.А. Андрюшин, КСРО ядролық сынақтары экологиялық зардаптарының кейбір мәселелері және жалпы сипаттамалары / И.А. Андрюшин, Р.И. Илькаев, А.К. Чернышев // БТФҒЗИ РФЯО еңбектері:ғылыми-зерттеу баспасы. – Саров, 2001.-Том 1.-637 б.

26. Ядролық қару сынақтары және КСРО бейбіт мақсаттағы ядролық жарылыстар. 1949-1990 жж. / В.Н. Михайловтың ред;

И.А. Андрюшин, В.В. Богдан, С.А. Ващинкин және басқ. ред. ұжымы – Саров: БТФҒЗИ РФЯО, 1996. – 66 б. – ISBN 5-85165-062-1.

27. Т.С. Сайбеков, 1954 жылдан 1994 жылға дейінгі Қазақстан Республикасы аумағындағы радиоэкологиялық жағдай. Семей облысы: атлас / Т.С. Сайбеков, Ж.А. Абылаев. Алматы: ҚР Экология және биоресурстар министрлігі,1997.-Т.16.-400 б.

28. КСРО ядролық сынақтары. Гидроядролық тәжірибелер. Плутонийдің шығынын түгендеу. / В.Н. Михайловтың жетекш. авторлар ұжымы – Саров: БТФҒЗИ РФЯО, 1998. – 358 б.

29. Ресейдің стратегиялық ядролық қарулануы / П.Л. Подвигтің ред. авторлар ұжымы. – М.: ИздАТ, 1998 – 492 б.

30. Ядролық қаруды атмосферада, ғарыш кеңістігінде және су астында сынауға тыйым салу туралы келісімшарт [Электрондық ресурс] / РФ СІМ. – Мәскеу, 1963. – 5 тамыз. – Қол жеткізу режімі: https: www.mid.ru/ademoe-nerasprostranenie/-/asset_publisher/JrcRGi5UdnBO/content/id/609152.

31. Семей сынақ полигоны аумағындағы зерттеулерді оны шаруашылыққа беру мақсатында оңтайландыру [Қазақстан радиоэкологиясының өзекті мәселелері] / С.Н. Лукашенконың жетек. – Павлодар: «Баспа үйі» ЖШС, 2015. – 5-шығ. – 357 б. – ISBN 978-6017112-99-8.

32. Т.В. Коровикова, Қосымша қорғаныс құру бойынша жүргізілген жұмыстардың әсері / Т.В. Коровикова, В.Н. Дмитропавленко, Е.В. Мустафина, А.Ю. Осинцев, Ю.Ю. Яковенко // Қазақстан Республикасы Ұлттық ядролық орталығының 2011-2012 жж. еңбектер жинағы. [Қазақстан радиоэкологиясының өзекті мәселелері]. – Павлодар: «Баспа үйі», 2013. – 4-шығ. – т.1. – Б. 257-314.

33. Бұрынғы Семей сынақ полигоны қауіпсіздігін қамтамасыз ету [«Радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету» 011 Республикалық бюджеттік бағдарлама]: ақпараттық есеп /ҚР ҰЯО РМК

«Радиациялық қауіпсіздік және экология институты» ЕМК; жет. Л.Д. Птицкая. – Курчатов, 2005. – 57 б.

34. КСРО ядролық сынақтары. Бейбіт ядролық жарылыстар. Олар жүргізілген кезде жалпы және радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету. Фактілер. Куәгерлер. Естеліктер / профессор В.А. Логачевтің жетекшілігіндегі авторлар ұжымы. – М.: ИздАТ, 2001. – 519 б.

35. И.А. Андрюшин, Ядроны ауыздықтау. КСРО ядролық қару және ядролық инфрақұрылым тарихының беттері / И.А. Андрюшин, А.К. Чернышев, Ю.А. Юдин; бас ред. Р.И. Илькаев// Таратпау мәселелері бойынша аналитикалық орталық. – Саров, 2003. – 481 б.

36. А.В. Яблоков, Бейбіт жерасты ядролық жарылыстарының қауіпсіздігі мен тиімділігі туралы миф / А.В. Яблоков. – М.: ТӨШО, 2003. – 175 б.

37. Семей полигонында ӘРЗ сынаудың радиоэкологиялық зардаптары: Атом энергиясы жөніндегі бюллетень/ Росатом экономикасы және ақпаратын басқарудың ОҒЗИ – М: Атомиум, 2002. – №12.

38. Қазақстан радиоэкологиясының өзекті мәселелері. ҚР Ұлттық ядролық орталығының 2010 ж. еңбектер жинағы / С.Н. Лукашенконың редак. – Павлодар: «Баспа үйі» ЖШС, 2011. – 3-шығ. – Том 1. – 431 б.

39. К.В. Мясников, Жеке және топтық жерасты жарылыстарының шығарындыларға механикалық әсері және бұл жарылыстар ойықтарының инженерлік-техникалық қасиеттерін зерттеу: «Бейбіт мақсаттағы атомдық жарылыстар» жин. / К.В. Мясников, Л.Б. Прозоров, И.Я. Ситников// И.Д. Морохов редак. – М.: Атомбаспа, 1970. – Б. 52-56.

40. Семей полигоны. Құрылуы, Қызметі, Конверсия. / профессор В.С. Школьниктің редак. – Алматы, 2003. – 344 б.

41. Ядролық жарылыстардан болған радиоактивті түсулер / ағылшын тілінен аударылған; Ю.А. Израэль редак. – М.: Мир, 1967. – 342 б.

42. Н.Г. Гусев, Бөліну өнімдерінің радиациялық сипаттамалары. Анықтама / Н.Г. Гусев, П.М. Рубцов, В.В. Коваленко және басқ. – М.: Атомбаспа, 1974. – 223 б.

43. «Радиациялық-қауіпсіздікті қамтамасыз етуге қойылатын санитариялық-эпидемиологиялық талаптар» гигиеналық нормативтері» – 03.02.2012 ж. № 201 «ҚР радиациялық-қауіпсіздікті қамтамасыз етуге қойылатын санитариялық-эпидемиологиялық талаптар» гигиеналық нормативтерінің орнына; Қазақстан Республикасы Ұлттық экономика министрінің 27.02.2015 жылғы бұйрығымен бекітілген – № 155 – 112 б.

44. Sources and Effects of Ionizing Radiation: Report/ United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. – New York, 1977. – 725 p.

45. Carbaugh, E.H. Methods and Models of the Hanford Internal Dosimetry Program/ E.H. Carbaugh, D.E. Bihl, J.A. MacLellan. // Pacific Northwest National Laboratory Richland. – Washington, 2009. - 440 p.

46. «Аумақтардың экологиялық ахуалын бағалау критерийлерін бекіту туралы» ҚР Энергетика министрінің 2015 жылғы 16 наурыздағы № 202 бұйрығы (07.12.2017 ж. өзг. мен толықт.). – «Параграф» ақпараттық жүйесі. – 36 б.

47. И.Н. Бекман, Плутоний. Оқу құралы / И.Н. Бекман. – М.: М.В. Ломоносов атындағы ММУ, 2010. – 165 б.

48. Қазақ КСР топырақтары. Павлодар облысы. – Алматы: Ғылым, 1960. – 256 б.

49. Дж.Д. Вернер, Семей сынақ полигоны топырағының радиациялық ластануы және оларды оңалту мүмкіндіктері / Дж.Д. Вернер, Р.Ю. Магашева, Г.Н. Якунин // Адам денсаулығы және қоршаған орта: конф. материалдары, 2001 ж. – Бішкек, 2001. Б.30-36.

50. Р.Ю. Магашева, ССП топырақ жамылғысы радиоактивті ластануының сипаттамасы / Р.Ю. Магашева, А.В. Паницкий,

А.М. Кабдыракова // Биогеохимия және геохимиялық экология мәселелері. – 2010. – № 3 (14). – Б.54 -63.

51. Р.Ю. Магашева, «Дегелең» сынақ алаңы топырақ-өсімдік жамылғысының сипаттамасы / Р.Ю. Магашева, Б.М. Султанова, А. Паницкий // Қазақстан Республикасы Ұлттық ядролық орталығының 2011-2012 жж. еңбектер жинағы [Қазақстан радиоэкологиясының өзекті мәселелері] / С.Н. Лукашенконың редак. – Павлодар: «Баспа үйі», 2013. – Т.2. – 4-шығ. – Б. 287-310. – ISBN 978-601-7112-74-5.

52. А.В. Паницкий, Радионуклидтердің бұрынғы Семей сынақ полигонының топырақтарында тігінен таралу ерекшеліктері / А.В. Паницкий, С.Н. Лукашенко, Р.Ю. Магашева // Іргелі зерттеулер. – 2013. – № 10 (10-бөлім). – Б. 2231-2236.

53. А.В. Паницкий, Радионуклидтердің бұрынғы Семей сынақ полигонының шартты-таза аумағында тігінен таралу ерекшеліктері/А.В. Паницкий, С.Н. Лукашенко, Р.Ю. Магашева// Радиациялық биология.Радиоэкология.-2016.-Том56.-№6.-Б. 623-638.

54. Есептік үлгілердегі радионуклидтердің белсенділігі. «SpectraLine» бағдарламалық қамтамасыз етуін пайдалана отырып гамма-спектрометрлерде өлшеу әдістемесі. – Кіріспе 2015-03-31 № KZ.07.00.03126-2015. – Менделеево: «ЛСРМ» ЖШС, 2014. – 27 б.

55. Қоршаған орта объектілерінен (топырақтан, түптік шөгінділерден және өсімдіктерден) плутоний-(239-240), стронций-90 жасанды радионуклидтерінің құрамына анықтау әдістемесі: 10.10.2016 ж. ЯФИ РМК директоры міндетін атқарушы бекіткен: ҚР МӨЖ тізілімінде 24.11.2016. № KZ.07.00.03445-2016 тірк. – Алматы: ҚР ЯФИ РМК, 2010. – 26 б.

56. Handbook of parameter values for the prediction of radionuclide transfer in terrestrial and freshwater environments: Technical reports / Vienna: International Atomic Energy Agency, 2010. – 208 p. - ISSN 0074-1914 no. 472.

57. Ф.И. Павлоцкая, Ауқымды түсулердың радиоактивті өнімдерінің топырақтарды жылыстауы. / Ф.И. Павлоцкая. – М.: Атомбаспа, 1974. – 215 б.

58. Л.Н. Михайловская, ЧАЭС апатты түсулері радионуклидтерінің физика-химиялық формаларының топырақтарда және орман төсеніштерінде жылыстауы мен өзгеруі / Л.Н. Михайловская // Радиоэкология және шекаралық тәртіп мәселелері. – Екатеринбург: УМТУ баспасы, 1999. – 2-шығ. – Б. 290-322.

59. В.В. Пономарева, Гумус және топырақ түзілуі (зерттеу әдістері мен нәтижелері)/ В.В. Пономарева, Т.А. Плотникова. – Л.: Ғылым, 1980. – Б. 66.

60. Ю.А. Израэль, Жерасты ядролық жарылыстары кезіндегі табиғи ортаның радиоактивті ластануы және оны болжау әдістері / Ю.А. Израэль, В.Н. Петров, А.Я. Прессман, Ф.Я. Ровинский, Е.Д. Стукин, А.А. Тер-Сааков; Ю.А. Израэль редак. – Л.: Гидрометеорологиялық баспа, 1970. – 67 б.

61. Ю.А. Израэль, Радиоактивті түсулердің изотопты құрамы / Ю.А. Израэль. – Л.: Гидрометеобаспа, 1973. – 109 б.

62. Н.В. Ларионова, Радиоактивті бұлт өткен кезде радиоактивті түсулер аймағындағы өсімдіктерге топырақтан радионуклидтердің түсуі (1953 ж. жарылыстан болған «із») / Н.В. Ларионова, С.Н. Лукашенко, А.Б. Янкаускас, А.Р. Иванова // Қазақстан Республикасы Ұлттық ядролық орталығының 2011-2012 жж. еңбектер жинағы. [Қазақстан радиоэкологиясының өзекті мәселелері] / С.Н. Лукашенконың редак. – Павлодар: «Баспа үйі» ЖШС, 2013. – 4-шығ. – Т.2. – Б. 159 – 166.

63. А.В. Сидоренко, КСРО гидрогеологиясы. Қарағанды облысы /А.В. Сидоренко. – М.: «Недра» баспасы, 1970. – Том XXXIV - 563 б.

64. КСРО Мемлекеттік геологиялық картасы. Шыңғыс-Саур сериясы – 43-XVIII парағы / құраст.: В.Я. Глухенький, В.П. Па-

холюк, А.Д. Магеррамов, Т.К. Лобачева / КСРО Геология мин. - М.,1987. – 95 б.

65. КСРО гидрогеологиялық картасы. Шыңғыс-Саур сериясы М-43-XVIII парағы (түсініктеме жазба) / құраст.: А.Д. Магерамов, В.Я. Глухенький / КСРО Геология мин. – М., 1989. – 63 б.

66. КСРО Мемлекеттік геологиялық картасы. Шыңғыс-Саур сериясы М-44 XIX парағы 1:200 000 масштабты (түсініктеме жазба)/ құраст.: С.С. Кузьмин, А.В. Сополев, А.Х. Кагарманов / КСРО Геология минист. – М., 1981. – 113 б.

67. КСРО Мемлекеттік геологиялық картасы. Шыңғыс-Саур сериясы М-43-XXIV парақ (түсініктеме жазба) / құраст.: И.Ф. Никитин, В.Я. Глухенький / КСРО Геология министрлігі. – М., 1986. - 98 б.

68. А.П. Кузнецов, КСРО гидрогеологиясы / А.П. Кузнецов. - М.: «Недра» баспасы, 1971. – XXXVII том Шығыс Қазақстан. – 308 б.

69. 1:200000 масштабты КСРО геологиялық картасы. Шыңғыс-Саур сериясы. М-43-XII парағы: Түсініктеме жазба/ ҚазКСР Мемлекеттік геологиялық комитеті. Оңтүстік Қазақстан геологиялық басқармасы; Құрастырушылар: В.Я. Глухенький, В.П. Пахолюк, А.Д. Магерамов, Т.К. Лобачева. Редактор М.И. Александрова; КСРО Геология және жер қойнауын қорғау мин. ғыл.-ред. кеңесі 23.12.1982 ж. бекіткен, № 33 хаттама. М., 1988. – 92 б.

70. Атмосфера-төсеніш бет жүйесінің радиоактивті ластануын және Семей өңірі тұрғындары үшін радиациялық қатерді бағалаудың кешенді зерттеулері: К-928 ХҒТО жобасы бойынша техникалық есеп / ҚР ҰЯО РМК «Радиациялық қауіпсіздік және экология институты» ЕМК; жет. Л.Д. Птицкая, жоба жет. О.И. Артемьев – Курчатов, 2006. – 77 б.

71. Д.В. Турченко, Ауыл шаруашылығы жұмыстарын жүргізген кездегі «Тәжірибе даласы» сынақ алаңындағы ауа бассейнінің ластану жағдайын бағалау / Д.В. Турченко, С.Н. Лукашенко,

А.О. Айдарханов, А.В. Паницкий // ҚР ҰЯО жаршысы. – 2013. – 4-шығ. – Б. 59-65.

72. Қатты бөлшектерге, озонға, азот қостотығы және күкірт қостотығына қатысты ауа сапасы бойынша ДДҰ ұсынымдары. 2005 ж. ауқымды жаңартылған деректер / Дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымы. – Женева, Швейцария, 2006. – 27 б.

73. ҚР СТ ISO 7708-2010 Су сапасы. Денсаулықты сақтау мақсатында сынамаларды іріктеп алу үшін бөлшектердің ірілігі бойынша фракцияларды анықтау. – Кіріспе. 2011-07-01. – Астана: «Қазақстан Стандарттау және сертификаттау институты» РМК, 2010. – 12 б.

74. ҚР СТ ISO 11277-2017 Топырақ сапасы. Минералды топырақтардың гранулометриялық құрамын анықтау. Елеу және тұндыру әдісі. -Кіріспе 2019-01-01. – Астана: ҚР Мемстандарты: ҚР Ұлттық стандарты, 2017. – 36 б.

75. Ядролық оқиғалар мен радиациялық апаттарды радионуклидтік мониторингілеу жүйелерін әзірлеу: 2019 ж. ҒЗЖ туралы есеп (аралық) / ҚР ҰЯО РМК «Радиациялық қауіпсіздік және экология институты» филиалы; жет. А.О. Айдарханов; орынд. Д.В. Турченко. – Курчатов, 2019. – 40 б. – № ГР 0118РК01133. – Түг. № 0219РК00799.

76. РД 52.04.186-89 «Атмосфераның ластануын бақылау жөніндегі басшылық»: басшылыққа алатын құжат / КСРО Денсаулық сақтау министрлігі, КСРО гидрометеорология жөніндегі мем. комитеті. – «Параграф» ақпараттық жүйесі. – 397 б.

77. Қазақстан Республикасы қоршаған ортасының ахуалы туралы 2014-2020 жж. ақпараттық бюллетень / «ҚАЗГИДРОМЕТ» РМК Экологиялық мониторингілеу департаменті. – Астана, 2014-2020.

78. МЕМСТ 17.2.3.01-86. Табиғатты қорғау. Атмосфера. Елді мекендер ауасының сапасын бақылау қағидалары. МЕМСТ 17.2.3.01-77 орнына; кіріспе. 1987-01-01. – М.: Стандарттар баспасы, 1986. – 6 б.

79. З.В. Карамышева, Орталық Қазақстанның далалық бөлігінің ботаникалық географиясы / З.В. Карамышева, Е.И. Рачковская. – Л.: Ғылым, 1973. – 277 б.

80. Б.М. Султанова, ССП жерүсті және жерасты ядролық жарылыстары жүргізілген жерлеріндегі антропогенді-туынды қауымдастықтардың ценозтудырушылары / Б.М. Султанова. – Алматы, 1998. – 60 б.

81. Б.М. Султанова, Қазақстанның антропогенді-бұзылған далалық өсімдіктерінің қалпына келтірілуі / Б.М. Султанова // Геоботаниканың дамуы. Тарих және қазіргі заман: Бүкілресейлік конф. материалдары – СПб, 2011. – Б.216-225.

82. Жемшөптер сапасын радиоэкологиялық бақылау туралы нұсқаулық. Цезий-134, 137 және стронций-90 радионуклидтерінің жемшөптердегі және жемшөптік қоспалардағы құрамдарының деңгейін бақылау: Бас мем. ветер. инспек. бекіткен РФ 01.12.1994 ж. №13-7-2/216 [Электрондық ресурс]. – Қол жеткізу режімі: https://docs.cntd.ru/ document/9011503.

83. Dujsebayeva, T. Report on the distribution and population density of the sand lizard L. agilis (SQUAMATA: LACERTIDAE) in former Semipalatinsk Nuclear Experimental Range with cadastre of lizard distribution in Semi- palatinsk district/ T. Dujsebayeva, M. Chirikova, V. Korneychuk, V. Khromov//«Семей» университетінің жаршысы-1999.-№8.-Б.117-123.

84. В.А. Хромов, Семей облысының орнитофаунасы / В.А. Хромов, Р.Д. Даутбаев // Абай дәрістері ғылыми-тәжірибелік конференцияның тезистері жинағы- Семей, 1992.

85. А.Ф. Ковшарь, Қазақстанның құстар әлемі / А.Ф. Ковшарь. – Алматы: Мектеп, 1988. – 270 б.

86. Khramov, V.A. The Amphibian Fauna of Semipalatinsk Province, North-Eastern Kazakstan / V.A. Khramov, O.N. Pilguk // In Herpetology’ 97 (ed. Z. Rocek and S. Hart). – Prague, Czech Republic, 1997. – 152 p.

87. В.А. Хромов, Балапан шатқалындағы омыртқалы жануарлар фаунасы туралы (Семей ядролық полигоны) / В.А. Хромов, А.Т. Сейсебаев // «Қазақстанның радиациялық қауіпсіздік және әлеуметтік-экологиялық мәселелері» Халықар. конф. матер. - Қарағанды: Ғылым, 1997. – Б.133-139.

88. К.Я. Атаханова, Семей сынақ полигоны аумағында тіршілік ететін омыртқалы жануарлардың кейбір түрлерінің экологиялық-генетикалық сипаттамалары / К.Я. Атаханова // «Қазақстанның радиациялық қауіпсіздік және әлеуметтік-экологиялық мәселелері» Халықар. конф. матер. – Қарағанды: Ғылым, 1998. -Б.121-129.

89. Rakhimzhanova, A.K. Morphologikal study of the green frog (Rana ridibunda Pallas, 1771) from eastern Kazakhstan province: In abstract of the Third asian herpetological meeting / A.K. Rakhimzhanova, V.A. Khromov. – Almaty, 1998. – P. 31.

90. Khromov, V.A. On the morphology of Lacerta agilis (Eicwaid, 1831) from north-eastern Kazakhstan: In abstract of the Third asian herpetological meeting/ V.A. Khromov, D. Korneychuk – Almaty, 1998. – P. 57-58.

91. В.А. Хромов, Семей өңірінің омыртқалы жануарлары/ В.А. Хромов // «Семей» университетінің жаршысы – 1999. – № 5-6. - Б. 56-65.

92. Н.Н. Березовиков, Көлбақаның Rana ridibunda, Pallas, 1771 Қазақстанның оңтүстік-шығысы мен шығысында таралуы туралы жаңа деректер. / Н.Н. Березовиков және басқ. // Герпетология сұрақтары: А.М. Никольский атындағы герпетологиялық қоғамның бірінші съезінің материалдары. – Пущино-на-Оке, 2000. - Б. 26-28.

93. Т.Н. Дуйсебаева, Қазақстандағы көлбақа (Rana ridibunda): XX жүзжылдықтағы ареалдың өзгеруі және түрдің қазіргі кездегі таралуы / Т.Н. Дуйсебаева, Н.Н. Березовиков, З.К. Брушко, Р.А. Кубыкин, В.А. Хромов // Қазіргі кездегі герпетология. – 2005. - Том 3/4. – Б. 29-49.

94. В.А. Хромов, Семей сынақ ядролық полигонының кейбір аумағының герпетофаунасына / В.А. Хромов // Биоалуантүрлілікті сақтаудың қазіргі кездегі мәселелері: халықар. конф. материалдары. – Алматы, 2006. – Б.136.

95. В.А. Хромов, «Семей сынақ ядролық полигоны омыртқалы жануарларының биоалуантүрлілігі туралы» / В.А. Хромов, Н.Ж. Кадырова, А.В. Паницкий // Семей сынақ полигоны. Радиациялық мұра және таратпау мәселелері: III халықар. ғылыми-тәжірибелік конф. материалдары. – Курчатов, 2008. – Б.46-48.

96. Қазақ КСР фаунасы генетикалық қорының кітабы. 1-бөлім. Омыртқалы жануарлар. – Алматы: Ғылым, 1989. – 215 б.

97. Қазақ КСР Қызыл Кітабы. 1-бөлім. Омыртқалы жануарлар. – Алматы: Қайнар, 1978. – 203 б.

98. Қазақстан құстары / И.А. Долгушиннің, М.Н. Кореловтың, А.Ф. Ковшарьдің редак. – Алматы: Ғылым, 1960-1974. – Т. I – V.

99. А.П. Калашников, Ауыл шаруашылығы жануарларын азықтандыру нормалары мен мәзірлері: анықтамалық құрал / А.П. Калашников, Н.И. Клейменов, В.Н. Баканов [және басқ.]. – М.: Агроөнеркбаспа, 1985. – 352 б.

100. Quantification of radionuclide transfer in terrestrial and freshwater environments for radiological assessments: Technical Report/ International Atomic Energy Agency. – Vienna, 2009. – IAEA – TECDOC-1616. – 624 p.

101. К.И. Исаков, Далалық аймақтың жайылымдары мен шабындықтары / К.И. Исаков. – Алматы: Ғылым, 1993. – Б.51-62.

102. Иондаушы сәуле шығарудың персонал мен тұрғындарға түсіретін тиімді дозасын анықтау: Мем. сан.-эпид. қадағалау комит. төрағасының 2011 жылғы 8 қыркүйектегі № 194 бұйрығына № 1 қосымша. – «Параграф» ақпараттық жүйесі. – 14 б.

103. Қазақстан Республикасы аумағында радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету. «Бұрынғы Семей сынақ полигонының қауіпсіздігін қамтамасыз ету» 1-іс-шарасы: 038 РББ туралы

2014 жылғы ақпараттық есеп / ҚР ҰЯО РМК «Радиациялық қауіпсіздік және экология институты» филиалы;жетекш. С.Н. Лукашенко – Курчатов,2014. – 206 б.

104. Т.Е. Кожаханов, Жерүсті ядролық сынақтары жүргізілген аудандардағы ауыл шаруашылығы дақылдарында техногенді радионуклидтердің жинақталу ерекшеліктері / Т.Е. Кожаханов, С.Н. Лукашенко, А.В. Паницкий, Н.В. Ларионова // ҚР ҰЯО жаршысы. – 2011. – 3-шығ. – Б. 116-119.

105. Т.Е. Кожаханов, Семей сынақ полигонына іргелесетін аумақтардағы өсімдік шаруашылығы өнімдеріндегі ^{137}Cs, ^{90}Sr, $^{239+240}$Pu және ^{241}Am радионуклидтерінің құрамы / Т.Е. Кожаханов, С.Н. Лукашенко // Радиациялық биология. Радиоэкология. – 2017. – Т. 57. – № 2. – Б.220-225.

106. Kozhakhanov, T.E. Accumulation of artificial radionuclides in agricultural plants in the area used for surface nuclear tests / T.E. Kozhakhanov, S.N. Lukashenko, N.V. Larionova // Journal of Environmental Radioactivity. – 2014. – Vol. 137. – P. 217-226.

107. Handbook of parameter values for the prediction of radionuclide transfer in terrestrial and freshwater environments: Technical reports series / International Atomic Energy Agency. – Vienna, 2010. - ISSN 0074-1914. – № 472.

108. А.П. Калашников, Ауыл шаруашылығы жануарларын азықтандыру нормалары мен мәзірлері: анықтамалық құрал / А.П. Калашников, Н.И. Клейменов, В.Н. Баканов [және басқ.]. – М.: Агроөнеркәсіпбаспа, 1985. – 352 б.

109. «Ең төмен күнкөріс деңгейінің шамасын есептеу қағидаларын бекіту туралы және азық-түлік емес тауарлар мен көрсетілетін қызметтерге шығындардың тіркелген үлесін белгілеу туралы» Қазақстан Республикасы Ұлттық экономика министрінің міндетін атқарушының 2015 жылғы 31 шілдедегі № 585 және Қазақстан Республикасы Денсаулық сақтау және әлеуметтік даму министрінің міндетін атқарушының 2015 жылғы

27 шілдедегі № 623 бірлескен бұйрығы (01.01.2018 ж. арналған жағдай бойынша өзг.). – «Параграф» ақпараттық жүйесі. – 8 б.

110. Зерттеліп жатқан аумақта тіршілік еткен және шаруашылық жүргізген кезде тұрғындарға немесе персоналға түсетін дозалық жүктемені бағалау: ССП аумағының «оңтүстік-шығыс» бөлігін кешенді экологиялық зерттеу материалдары / Ұлттық ядролық орталық; жетекш. К.К. Кадыржанов; орынд. С.Н. Лукашенко, А.В. Топорова және басқ. – Курчатов, 2012. – 196 б.

111. А.В. Топорова, Рауалы дозалық жүктемеден аспауды кепілдендіретін аумақтың радиоактивті ластануының шекаралық параметрлерін бағалау/ А.В. Топорова / Семей сынақ полигоны аумағындағы зерттеулерді оны шаруашылыққа беру мақсатында оңтайландыру [Қазақстан радиоэкологиясының өзекті мәселелері] // С.Н. Лукашенконың жетекш. – Павлодар: «Баспа үйі» ЖШС, 2015. -5-шығ. -Б. 293-308.

112. «Тамақ өнімдерін тұтынудың ғылыми негізделген физиологиялық нормаларын бекіту туралы» ҚР Ұлт. экономика мин. 2016 жылғы 9 желтоқсандағы № 503 бұйрығы. – «Параграф» ақпараттық жүйесі. – 24 б.

113. Су көздеріне, шаруашылық-ауыз су мақсаты үшін су жинау орындарына, шаруашылық-ауыз сумен жабдықтауға және суды мәдени-тұрмыстық пайдалану орындарына және су объектілерінің қауіпсіздігіне қойылатын санитариялық-эпидемиологиялық талаптар: ҚР Ұлттық экономика министрінің 2015 жылғы 16 наурыздағы № 209 бұйрығымен бекітілген. – «Параграф» ақпараттық жүйесі. – 134 б.

114. Семей сынақ полигоны «солтүстік» бөлігінің радиоэкологиялық ахуалы [Қазақстан радиоэкологиясының өзекті мәселелері] : монография / С.Н. Лукашенконың жетекш. – Павлодар: «Баспа үйі» ЖШС, 2010. – 1-шығ. – Б. 61-62.

115. Бұрынғы Семей сынақ полигонын қауіпсіз күйге келтіру бойынша ғылыми-техникалық және инженерлік жұмыстар ке-

шенін жүргізу / Н.Ә. Назарбаев, В.С. Школьник, Э.Ғ. Батырбеков және т.б. – Курчатов: ҚР ҰЯО, 2016. -Том II.-Б. 22-23.

116. ҚР Ұлттық ядролық орталығының 2014-2016 жж. еңбектер жинағы. [Қазақстан радиоэкологиясының өзекті мәселелері] / Э.Ғ. Батырбековтың, С.Н. Лукашенконың редак. – Павлодар: «Баспа үйі», 2017. – 6-шығ. – Т.1. – Б.18-20.

117. С.Б. Субботин, Жасанды радионуклидтердің Дегелең таулы массивінен тыс жерлерге жерасты жылыстауы / С.Б. Субботин, С.Н. Лукашенко, В.В. Каширский, Ю.Ю. Яковенко, Л.В. Бахтин // Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының 2007-2009 жж. еңбектер жинағы. [Қазақстан радиоэкологиясының өзекті мәселелері] / С.Н. Лукашенконың жетекш. – Павлодар: «Баспа үйі», 2010. – 2-шығ. – Б.103-156. – Библиогр.: б. 224-231. – ISBN 978-601-7112-28-8.

118. КСРО-дағы ядролық сынақтар. Жалпы сипаттамалар. Мақсаттары. КСРО ядролық сынақтарды ұйымдастыру. / В.Н. Михайловтың редак.; ред. құрамы И.А. Андрюшин, В.В. Богдан, С.А. Зеленцев және т.б. – Саров: БТФҒЗИ РФЯО, 1997. – Т.1. – 303 б.

119. Семей полигонында ӘРЗ сынаудың радиоэкологиялық зардаптары: Атом энергиясы жөніндегі бюллетень / Росатом экономикасы және ақпаратын басқарудың ОҒЗИ – М: Атомиум, 2002. – № 12.

120. Бұрынғы Семей сынақ полигонының қауіпсіздігін қамтамасыз ету. Радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету: 011 РББ туралы 2005-2010 жж. есептері / ҚР ҰЯО РМК «Радиациялық қауіпсіздік және экология институты» ЕМК; жетекш. Л.Д. Птицкая, С.Н. Лукашенко – Курчатов, 2005-2010.

121. Н.П. Волошин, Отандық атомдық жоба тарихына: «Росатом» оқу орындарының тыңдаушыларына, жоғары оқу орындарының физикалық мамандықтар студенттеріне арналған дәрістер курсы / Н.П. Волошин. – М.: ИздАТ, 2009. – 315 б.

122. «Семей ядролық сынақ полигонындағы ядролық сынақтардың салдарынан зардап шеккен азаматтарды әлеуметтік қорғау туралы Қазақстан Республикасының 1992 жылғы 18 желтоқсандағы № 1787-XII Заңы (02.07.2018 ж. арналған жағдай бойынша өзг. мен толықт. бар), 5-бап. – «Параграф» ақп. жүйесі. – Б. 3.

123. «Ормандарды сақтау және республика аумағының ормандылығын арттыру» 044 бюджеттік бағдарламасы шеңберінде радиоактивтілікке мониторингілеу жүргізу бойынша қызметтерді ұсыну туралы: 25.05.2008 ж. № CS/SS-01 келісімшарты бойынша есеп (қорытынды) / ҚР ҰЯО РМК «Радиациялық қауіпсіздік және экология институты» ЕМК; жет. С.Н. Лукашенко; жұмыстардың орынд. жет. Ю.Г. Стрильчук – Курчатов, 2008. – 61 б.

124. «Ормандарды сақтау және республика аумағының ормандылығын арттыру» 044 бюджеттік бағдарламасы шеңберінде радиоактивтілікке мониторингілеу жүргізу бойынша қызметтерді ұсыну туралы: 2009 ж. 15 маусымдағы № CS/ SS – келісімшарты бойынша есеп (қорытынды) / ҚР ҰЯО РМК «Радиациялық қауіпсіздік және экология институты» ЕМК; жет. С.Н. Лукашенко; жұмыстардың орынд. жетекш. Ю.Г. Стрильчук – Курчатов, 2009. – 33 б.

125. «Ормандарды сақтау және республика аумағының ормандылығын арттыру» 044 бюджеттік бағдарламасы шеңберінде радиоактивтілікке мониторингілеу жүргізу бойынша қызметтерді ұсыну туралы: 2010 ж. 06 мамырдағы № CS/SS – келісімшарты бойынша есеп (қорытынды) / ҚР ҰЯО РМК «Радиациялық қауіпсіздік және экология институты» ЕМК; жет. С.Н. Лукашенко; жұмыстардың орынд. жетекш. Ю.Г. Стрильчук – Курчатов, 2010. – 30 б.

126. Бұрынғы Семей сынақ полигонын қауіпсіз күйге келтіру бойынша ғылыми-техникалық және инженерлік жұмыстар кешенін жүргізу / Н.Ә. Назарбаев, В.С. Школьник, Э.Ғ. Батырбеков және басқ. – Курчатов: ҚР ҰЯО, 2016. – Том II. – 448 б. – ISBN 978-9965675-95-9.

127. С.Н. Лукашенко, Саржал а. іргелес аумақты радиоэкологиялық зерттеу / С.Н. Лукашенко, А.В. Паницкий, Ю.Г. Стрильчук, А.Н. Шатров, Ю.Ю. Яковенко // Қазақстан Республикасы Ұлттық ядролық орталығының 2014-2016 жж. еңбектер жинағы [Қазақстан радиоэкологиясың өзекті мәселелері] / Э.Ғ. Батырбековтың, С.Н. Лукашенконың жетекш. – Павлодар: «Баспа үйі» ЖШС, 2017. – 6-шығ. – Т.1. – Б. 143-157.

128. Атомдық және энергетикалық жобаларды дамыту» 008 республикалық бюджеттік бағдарламасы, «Қазақстан Республикасы аумағында радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету» 101 ішкі бағдарламасы, «Бұрынғы ССП іргелес аумақтардың радиациялық қауіпсіздігін қамтамасыз ету» 6-іс-шара: 2014 жылғы ақпараттық есеп 11.05.14 ж. № КАЭ-34 келісімшарты бойынша / ҚР ҰЯО РМК «Радиациялық қауіпсіздік және экология институты» филиалы; жетекш. С.Н. Лукашенко; жұмыстар жетекш. А.О. Айдарханов – Курчатов, 2014. – 221 б.

129. С.В. Генова, Шаған өз. суларының радионуклидті ластану сипаты мен деңгейлерін зерттеу / С.В. Генова, С.Н. Лукашенко, А.О. Айдарханов // Ұлттық ядролық орталық еңбектерінің жинағы [Қазақстан радиоэкологиясының өзекті мәселелері]/ С.Н. Лукашенконың жетекш. – Павлодар: «Баспа үйі», 2011. – 3-шығ. – Том 2. – Б. 165-178.

130. А.Ж. Есимбеков, Тритийдің Шаған өз. суларына түсу арналарын анықтау және оқшаулау / А.Ж. Есимбеков, А.О. Айдарханов, М.Р. Актаев, А.В. Дроздов // Қазақстан Республикасы Ұлттық ядролық орталығының 2011-2012 жж. арналған еңбектер жинағы [Қазақстан радиоэкологиясың өзекті мәселелері] / С.Н. Лукашенконың жетекш. – Павлодар: «Баспа үйі» ЖШС, 2013. – 4-шығ. – Том 2.-Б.25-40.

131. Атомдық және энергетикалық жобаларды дамыту» 038 республикалық бюджеттік бағдарламасы, «Қазақстан Республикасы аумағында радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету» 101 ішкі бағдарламасы, «Бұрынғы Семей сынақ полигонының

қауіпсіздігін қамтамасыз ету» 1-іс-шара: 2014 жылғы ақпараттық есеп / (ЭК 11.05.14 ж. 35 келісімшарт) ҚР ҰЯО РМК «Радиациялық қауіпсіздік және экология институты» филиалы; жетекш. С.Н. Лукашенко; жұмыстар жетекш. Ю.Г. Стрильчук – Курчатов, 2014. – 206 б.

132. А.О. Айдарханов, ^{3}Н-дің Шаған өз. суларына түсу арналарын анықтау және оқшаулау / А.О. Айдарханов, А.Ж. Есимбеков, М.Р. Актаев, В.С. Анисимов // Радиация және қатер. – 2013. – Том 22. – №4. - ISSN 0131-3878.

133. М.Р. Актаев, «Атом көлі» ауданындағы Шаған өз. суларының тритиймен ластану сипаты / М.Р. Актаев, С.Н. Лукашенко, А.О. Айдарханов, О.Н. Ляхова // Қазақстан Республикасы Ұлттық ядролық орталығының 2014-2016 жж. еңбектер жинағы [Қазақстан радиоэкологиясының өзекті мәселелері] / Э.Ғ. Батырбековтың, С.Н. Лукашенконың редак. – Павлодар: «Баспа үйі» ЖШС, 2017. – 6-шығ. – Т.1 – Б. 202-208.

134. «Атомдық және энергетикалық жобаларды дамыту» 008 республикалық бюджеттік бағдарламасы, «Қазақстан Республикасы аумағында радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету» 101 ішкі бағдарламасы, «Бұрынғы Семей сынақ полигонының қауіпсіздігін қамтамасыз ету» 1-іс-шара: 2015 жылғы ақпараттық есеп / ҚР ҰЯО РМК «Радиациялық қауіпсіздік және экология институты» филиалы; жетек. С.Н. Лукашенко; жұмыстар жетекш. Ю.Г. Стрильчук – Курчатов, 2015. – 148 б.

135. Радиациялық қауіпті объектілер мен атом саласы кәсіпорындарының әсеріне ұшыраған табиғи экожүйелердегі тритийдің қайта таралу механизмдері: ҒЗЖ туралы есеп (аралық) / ҚР ҰЯО РМК «Радиациялық қауіпсіздік және экология институты» филиалы; жұм. жет. О.Н. Ляхова; орынд. Л.В. Тимонова және басқ. – Курчатов, 2018. – 40б. – Библиогр.: 33-34 б.; 19 ат. – № ГР 0118РК01128. – Түг. № 0218РК00330.

136. Радиациялық қауіпті объектілер мен атом саласы кәсіпорындарының әсеріне ұшыраған табиғи экожүйелердегі три-

тийдің қайта таралу механизмдері: ҒЗЖ туралы есеп (аралық) / ҚР ҰЯО РМК «Радиациялық қауіпсіздік және экология институты» филиалы; жұм. жетекш. О.Н. Ляхова; орынд. А.С. Мамырбаева және басқ. – Курчатов, 2019. – 68 б. – Библиогр.: б. 27-28;ат. – № ГР 0118РК01128. – № 0219РК00804.

137. Д.В. Турченко, «Тәжірибе даласы» сынақ алаңында ауыл шаруашылығы жұмыстарын жүргізген кездегі ауа бассейнінің ластану жағдайын бағалау / Д.В. Турченко, С.Н. Лукашенко, А.О. Айдарханов, А.В. Паницкий // ҚР ҰЯО жаршысы. – 2013. – 4-шығ. – Б. 59-65.

138. М.Р. Актаев, Семей сынақ полигоны аумағындағы жербеткі және жерасты суларын мониторингілеу / М.Р. Актаев, О.Н. Ляхова, А.О. Айдарханов, Б.А. Кокежанов, Т.Ш. Токтаганов // Радиобиологияның радиоэкологияның және агроэкологияның қазіргі кездегі мәселелері: Халықар. конф. баянд. тез., 2019 жыл 03-04 қазан. – Обнинск: БРАЭҒЗИ, 2019. – Б.120-122. – ISBN 978-5-903386-57-4.

139. М.Р. Актаев, ^{3}Н Шаған өз. суларына түсуінің арналарын анықтау және оқшаулау / М.Р. Актаев, А.О. Айдарханов, А.Ж. Есимбеков, В.С. Анисимов // Радиация және қатер. – 2013. – Том 22. – №4. – ISSN 01313878.

140. Семей сынақ полигонының «солтүстік» бөлігінің радиоэкологиялық ахуалы [Қазақстан радиоэкологиясының өзекті мәселелері]: монография / С.Н. Лукашенконың жетекш. – Павлодар: «Баспа үйі» ЖШС, 2010. – 1-шығ. – Б.108-120.

141. С.Б. Субботин, Жасанды радионуклидтердің Дегелең таулы массивінен тыс жерлерге жерасты жылыстауы / С.Б. Субботин, С.Н. Лукашенко, В.В. Каширский, Ю.Ю. Яковенко, Л.В. Бахтин// Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының 2007-2009 жж. еңбектер жинағы. [Қазақстан радиоэкологиясының өзекті мәселелері] / С.Н. Лукашенконың редак. – Павлодар: «Баспа үйі» ЖШС, 2010. – 2-шығ.- Б. 103-156. – ISBN 978601-7112-32-5.

142. С.Б. Субботин, Дегелең таулы массиві су ортасының радиоактивті ластануы / С.Б. Субботин, Ю.В. Дубасов// Радиохимия. – 2013. – Т. 55. -№ 6. Б. 561-567.

143. С.Б. Субботин, Тритийдің бұрынғы Семей полигонындағы жерасты суларымен жылыстауын зерттеу / С.Б. Субботин, А.О. Айдарханов, Ю.В. Дубасов // Радиохимия. – 2013. – Т. 55. – № 5. – Б. 471-478.

144. С.Б. Субботин, Техногендік радионуклидтердің «Балапан» сынақ алаңынан тыс жерлерге жылыстау жолдарын анықтау / С.Б. Субботин, С.Н. Лукашенко, В.В. Романенко, В.В. Каширский, Е.Ю. Пестов, Э.М. Горбунова, К.И. Кузеванов // Қазақстан Республикасы Ұлттық ядролық орталығының 2010 ж. еңбектер жинағы. [Қазақстан радиоэкологиясының өзекті мәселелері] / С.Н. Лукашенконың редак. – Павлодар: «Баспа үйі» ЖШС, 2011. – 3-шығ. – Т.2. – Б. 161-232.: ил. – ISBN 978-601-7112-53-0.

145. А.Ж. Есимбеков, Шаған өзені суларына ^{3}H түсу арналарын анықтау және оқшаулау / А.Ж. Есимбеков, А.О. Айдарханов, М.Р. Актаев, А.В. Дроздов // Қазақстан Республикасы Ұлттық ядролық орталығының 2010 ж. еңбектер жинағы. [Қазақстан радиоэкологиясының өзекті мәселелері] / С.Н. Лукашенконың редак. – Павлодар: «Баспа үйі» ЖШС, 2013. – 4-шығ. – Том 2. – Б. 25-41.

146. М.Р. Актаев, Семей сынақ полигоны аумағындағы жербеткі және жерасты суларын мониторингілеу / М.Р. Актаев, О.Н. Ляхова, А.О. Айдарханов, Б.А. Кокежанов, Т.Ш. Токтаганов // Радиобиологияның радиоэкологияның және агроэкологияның қазіргі кездегі мәселелері: Халықар. конф. баянд. тез., 2019 жыл 03-04 қазан. – Обнинск: БРАЭҒЗИ, 2019. – Б.120-122. – ISBN 978-5-903386-57-4.

147. М.Р. Актаев, Семей сынақ полигоны аумағындағы «Кішкенесор» суайдының радиоактивті ластану сипатын зерттеу / М.Р. Актаев, С.Н. Лукашенко, А.О. Айдарханов, О.Н. Ляхова, С.С. Пронин //Ядролық физика институтының 60-жылдығына ар-

налған «Ядролық ғылым және технологиялар» Халықар. ғылыми форумы: «Ядролық және радиациялық физика» XI Халықар. конф.: «Ядро-2017» Халықар. конференциясы: 67-ші Ядролық спектроскопия және атомдық ядроның құрылымы жөніндегі кеңес: «Ядролық ғылым және оны қолдану» 8-ші Еуразиялық конференциясы (12-15.09.2017). – Алматы, 2017. – Б. 298-299. – ISBN 978-601-06-4394-9.

148. С.Б. Субботин, ЖЯЖ жүргізу салдарының Қалба-Шыңғыс омырылуының әсер ету аймағындағы жерасты суларының ахуалына әсер етуі / С.Б. Субботин, К.Л. Зеленский, Е.А. Новикова, Л.В. Бахтин, Э.М. Горбунова // Қазақстан Республикасының Ұлттық ядролық орталығы Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының 2014-2016 жж. еңбектер жинағы [Қазақстан радиоэкологиясының өзекті мәселелері]/ Э.Ғ. Батырбековтың, С.Н. Лукашенконың редак. – Павлодар: «Баспа үйі» ЖШС, 2017. – 6-шығ. - Том 1. – Б. 401-423.

149. С.Б. Субботин, ССП «Сары-Өзен» сынақ алаңындағы қоршаған ортаның қазіргі кездегі радиоэкологиялық ахуалы / С.Б. Субботин, Ю.Г. Стрильчук, Е.А. Новикова, В.В. Романенко // Қазақстан Республикасы Ұлттық ядролық орталығының 2011-2012 жж. еңбектер жинағы. [Қазақстан радиоэкологиясының өзекті мәселелері]/ С.Н. Лукашенко редак. – Павлодар: Баспа үйі, 2013. – 4-шығ. – Т.1.-Б.189-203. - ISBN 978-601-7112-74-5.

150. Бұрынғы Маралинг ядролық полигоны (Аустралия) аумағын оңалту // Медициналық радиология және радиациялық қауіпсіздік; А.И. Бурназян атындағы федералды медициналық биофизикалық орталық. – М., 2006. – Т.51. - Б.57-62. – ISSN: 1024-6177.

151. Рунит күмбезі. Эниветок атоллындағы радиоактивті үйінді. [Электрондық ресурс LifeGlobe]. – Қол жеткізу режімі: URL: http://lifeglobe.net/en- try/4552.

152. Қазақстан Республикасының 2016 жылғы 12 қаңтардағы N°442-V «Атом энергиясын пайдалану туралы» Заңы

(25.02.2021 ж. жағдайға арналған өзгерістері мен толықтырулары бар): ҚР Премьер-Министрінің 29.01.2016 ж. № 7-р. өкімі – «Параграф» ақпараттық жүйесі. – 32 б.

153. Қазақстан Республикасының 2014 жылғы 16 мамырдағы N 202-V «Рұқсаттамалар мен хабарламалар туралы» Заңы (16.12.2020 ж. жағдайға арналған өзгерістері мен толықтырулары бар). – «Параграф» ақпараттық жүйесі. – 121 б.

154. Қазақстан Республикасының 2003 жылғы 20 маусымдағы № 442-II Жер кодексі (16.01.2021 ж. жағдайға арналған өзгерістері мен толықтырулары бар): ҚР Конституциялық Кеңесінің 2003 жылғы 10 маусымдағы № 8 Қаулысымен Конституцияға сәйкес деп танылған – «Параграф» ақпараттық жүйесі. – 167 б.

155. Р.Ю. Магашева, ССП топырақ жамылғысының радиоактивті ластану сипаты / Р.Ю. Магашева, А.В. Паницкий, А.М. Кабдыракова // Биогеохимия және геохимиялық экология мәселелері. – 2010. – № 3 (14). – Б.54 -63.

156. Р.Ю. Магашева, Радионуклидтердің «Дегелең» алаңындағы № 176 штольняның ағынсуы экожүйесінің шалғындық топырақтарында таралу ерекшеліктері / Р.Ю. Магашева, А.В. Паницкий, А.М. Кабдыракова // Биогеохимия және геохимиялық экология мәселелері. – 2010. – № 3 (14). – Б.158 – 163. – Библиогр.: б. 163.

157. А.В. Паницкий, Радионуклидтердің бұрынғы Семей сынақ полигонының топырақтарында тігінен таралу ерекшеліктері / А.В. Паницкий, С.Н. Лукашенко, Р.Ю. Магашева // Іргелі зерттеулер. – 2013. – № 10 (10-бөлім). – Б. 2231-2236.

158. Panitskiy, A.V. Nature of radioactive contamination of components of ecosystems of streamflows from tunnels of Degelen massif / Panitskiy A.V., Lukashenko S.N. // Journal of Environmental Radioactivity. – 2015. Vol.144. – P. 32-40.

159. А.В. Паницкий, Радионуклидтердің бұрынғы Семей сынақ полигонының шартты-таза аумағының топырақтарында таралу ерекшеліктері / А.В. Паницкий, С.Н. Лукашенко, Р.Ю. Ма-

гашева // Радиациялық биология. Радиоэкология. – 2016. – Том 56. – № 6. – Б. 623-638.

160. А.Е. Кундузбаева, Жасанды радионуклидтерді Семей сынақ полигонының шартты «фондық» аумақтарынан анықтау формалары / А.Е. Кундузбаева, А.М. Кабдыракова, С.Н. Лукашенко // Қазіргі кездегі ғылым: Теория мен тәжірибенің өзекті мәселелері. – 2016. – № 6. – Б. 3-17.

161. Kabdyrakova, A.M. Distribution of artificial radionuclides in particle-size fractions of soil on fallout plumes of nuclear explosions / A.M. Kabdyrakova, S.N. Lukashenko, A.T. Mendubaev, A.E. Kunduzbayeva, A.V. Panitskiy, N.V. Larionova // Journal of Environmental Radioactivity. – 2018. – Vol. 186. – P. 45-53.

162. А.Е. Кундузбаева, Жасанды радионуклидтерді Семей сынақ полигонының «Атом көлі» объектісінің топырақтарынан анықтау формалары / А.Е. Кундузбаева, А.М. Кабдыракова, Н.В. Ларионова, С.Н. Лукашенко // Радиациялық биология. Радиоэкология. – 2017. – № 4. – Б. 399-413.

163. А.М. Кабдыракова, Жасанды радионуклидтердің «Балапан» алаңындағы ұңғымаларда жерасты ядролық сынақтары жүргізілген ауданның топырағында агрегаттық фракциялар бойынша таралуы / А.М. Кабдыракова, А.Т. Мендубаев // ҚР ҰЯО жаршысы. – 2019. – 4-шығ. – Б. 131-141.

164. Н.В. Ларионова, Жасанды радионуклидтердің шалғындық биогеоценоз өсімдіктерінде жинақталу параметрлерін зерттеу / Н.В. Ларионова, С.Н. Лукашенко, А.М. Кабдыракова, Р.Ю. Магашева, А.В. Паницкий, Н.В. Ястребкова, Ж.А. Байгазинов // ҚР ҰЯО жаршысы. – 2008. – 3-шығ. – Б. 33 -38.

165. Р.Ю. Магашева, Радионуклидтердің қолданыстағы Сартай-Қора қыстағының жайылымдық алқаптарындағы тағамдық тізбек бойынша және топырақ-өсімдік жамылғысында жылыстауы / Р.Ю. Магашева, Н.В. Ястребкова, Н.В. Ларионова, А.М. Кабдыракова, А.В. Паницкий // ҚР ҰЯО жаршысы. – 2007. – 4-шығ. – Б. 63-69.

166. Н.В. Ларионова, Жасанды радионуклидтердің шалғындық биогеоценоз өсімдіктерінде жинақталу параметрлерін зерттеу / Н.В. Ларионова, С.Н. Лукашенко, А.М. Кабдыракова, Р.Ю. Магашева, А.В. Паницкий, Ж.А. Байгазинов // ҚР ҰЯО жаршысы. – 2008. – 3-шығ. – Б.33 -38.

167. Larionova, N.V. Transfer of radionuclides to plants of natural ecosystems at the Semipalatinsk Test Site / N.V. Larionova, S.N. Lukashenko, A.M. Kabdyrakova, A.Y. Kunduzbayeva, A.V. Panitskiy, A.R. Ivanova // Journal of Environmental Radioactivity. – 2018. – Vol. 186. – P. 163-70.

168. Н.В. Ларионова, Семей сынақ полигоны шартты «фондық» аумағының өсімдік жамылғысының радиоактивті ластануын бағалау / Н.В. Ларионова, С.Н. Лукашенко // Ғылым мен білімнің қазіргі кездегі мәселелері: электрондық журнал. – 2016. – №3. – Биологиялық ғылымдар. – Қол жеткізу режімі: https://www.science-education.ru/ru/ issue/view?id=140#theme180.

169. Larionova, N.V. Plants as indicators of tritium concentration in ground water at the Semipalatinsk test site / N.V. Larionova, S.N. Lukashenko, O.N. Lyakhova, A.O. Aidarkhanov, S.B. Subbotin, A.B. Yankauskas // Journal of Environmental Radioactivity. – 2017. – Vol. 177. – P. 218-224.

170. Н.В. Ларионова, Өсімдіктердің жеке биологиялық ерекшеліктерінің жекелеген химиялық элементтер мен радионуклидтер құрамына әсерін бағалау / Н.В. Ларионова, Т.Е. Кожаханов, А.Р. Иванова // ҚР ҰЯО жаршысы. – 2020. – 2-шығ. (82). – Б. 160-166.

171. Panitskiy, A.V. ^{137}Cs and ^{90}Sr in lizards of Semipalatinsk test site / A.V. Panitskiy, S.N. Lukashenko, N.Zh. Kadyrova // Journal of Environmental Radioactivity. – 2017. – Vol. 166. – P. 91-96.

172. Н.Ж. Кадырова, «Балапан» алаңының радиоактивті ластанудың түрлі деңгейі бар учаскелерінде мекендейтін тышқан тәрізді кеміргіштердің ағзасындағы радионуклидтердің құрамы / Н.Ж. Кадырова, А.В. Паницкий, А.О. Айдарханов, С.Н. Лука-

шенко // Биогеохимия және геохимиялық экология мәселелері. – 2010. – № 3 (14). – Б.165 – 168. – Библиогр.: б. 1168-169.

173. А.Н. Шатров, Семей полигоны жануарларының табиғи популяциясындағы дозалық жүктемені бағалау / А.Н. Шатров, А.В. Топорова, Н.Ж. Кадырова, А.В. Паницкий, Р.Ж. Жапбасов // Астана медициналық журналы. – 2019. – № 2 (100). – Б. 656-661.

174. Су ортасындағы радионуклидті ластанудың базалық сипаттамаларын зерттеу: 2019 жылғы ҒЗЖ туралы есеп. (аралық) / ҚР ҰЯО РМК «Радиациялық қауіпсіздік және экология институты» филиалы; жұм. жет. А.О. Айдарханов; орынд. А.К. Айдарханова. – Курчатов, 2019. – 49 б. – № ГР 0118РК01138. – Түг. № 0219РК00806.

175. Zhapasheva, Zh.Ye. Speciation of technogenic radionuclides in water bodies of Semipalatinsk test site / Zh. Ye. Zhapasheva, A. K. Aidarkhanova // 3rd European radiological protection research week (October 1-5, 2018). – Rovinj-Rovigno, Croatia. – P. 212.

176. Ж.Е. Тлеуканова, Су объектілерінің радиоактивті ластануының факторы ретінде судағы ^{238}U құрамын зерттеу / Ж.Е. Тлеуканова, А.К. Айдарханова // Уран өнеркәсібінің өзекті мәселелері: IX Халықар. ғыл.-практ. конф. еңбектер жинағы, 2019 жылғы 07-09 қараша / «Қазатомөнеркәсіп» ҰАК АҚ. – Алматы, 2019. – Т.2 – Б. 175-179.

177. З.Б. Сержанова, Семей сынақ полигонындағы радиоактивті ластанған учаскелердің топырағынан тритийді анықтау формаларымен байланысты зерттеулерге арналған әдістемелік тәсілдер / З.Б. Сержанова, А.К. Айдарханова, О.Н. Ляхова, Л.В. Тимонова, А.М. Раимканова // ҚР ҰЯО жаршысы. – 2020. – 2-шығ. (82). – Б. 41-48.

178. Lyakhova, O.N. Contamination mechanisms of air basin with tritium in venues of underground nuclear explosions at the former Semipalatinsk test site / O.N. Lyakhova, S.N. Lukashenko, N.V. Larionova, Y.S. Tur // Journal of Environmental Radioactivity. – 2012. – Vol. 113. – P. 98-107.

179. Timonova, L.V. Tritium Distribution in Soil in the Area of «Atomic» Lake near the Semipalatinsk Test Site / L.V. Timonova, O.N. Lyakhova, S.N. Lukashenko, A.O. Aidarkhanov, A.M. Kabdyrakova, Z.B. Serzhanova // Eurasian Soil Science. – 2020. – Vol. 53. – No. 3. – P. 355-361.

180. Л.В. Тимонова, Семей сынақ полигонындағы жерүсті ядролық сынақтары жүргізілген жерлердегі топырақтың тритийлік ластануы / Л.В. Тимонова, О.Н. Ляхова, А.О. Айдарханов, З.Б. Сержанова // Радиация және қатер. -2020. -Т.29. – № 4. – Б.106-117.

181. Serzhanova, Z.B. Researching of tritium speciation in soils of «Balapan» site / Z.B. Serzhanova, A.K. Aidarkhanova, S.N. Lukashenko, O.N. Lyakhova, L.V. Timonova, A.M. Raimkanova // Journal of Environmental Radioactivity. – 2018. – № 192. – P. 621-627.

182. О.Н. Ляхова, Семей сынақ полигоны аумағындағы ауа ортасына тритийдің түсуінің негізгі көздерін салыстырмалы бағалау / О.Н. Ляхова, С.Н. Лукашенко, Н.В. Ларионова, Ю.Ю. Яковенко, Е.С. Тур // Радиация және қатер. – 2014. – Т.23. – № 3. – Б. 43-56.

183. О.Н. Ляхова, Семей сынақ полигоны аумағындағы ядролық сынақтар жүргізілген жерлердегі тритийдің газ тәрізді қосылыстарының шоғырлану деңгейін бағалау / О.Н. Ляхова, С.Н. Лукашенко, Л.В. Тимонова, Н.В. Ларионова, Д.В. Турченко // Радиациялық биология. Радиоэкология. – 2020. – Т. 60 – № 6 – Б. 649-660.

184. А.В. Паницкий, «Дегелең» алаңының радиациялық ластанған аумағында жайылатын ауыл шаруашылығы жануарларының ағзасына радионуклидтердің түсуі мен таралуын тәжірибелік бағалау / А.В. Паницкий, Ж.А. Байгазинов, С.Н. Лукашенко, Н.В. Ястребкова // Биогеохимия және геохимиялық экология мәселелері. – 2010. – № 3 (14). - Б.145 -151. – Библиогр.: б. 152.

185. Т.Е. Кожаханов, Жерүсті ядролық сынақтары жүргізілген аудандағы ауыл шаруашылығы дақылдарында техногенді радионуклидтердің жинақталу ерекшеліктері / Т.Е. Кожаханов, С.Н. Лукашенко, А.В. Паницкий, Н.В. Ларионова // ҚР ҰЯО Жаршысы. – 2011. – 3-шығ. – Б. 116-119.

186. А.В. Паницкий, Ауыл шаруашылығы жануарларын «Дегелең» сынақ алаңы жағдайында өсірген кездегі олардың ағзаларындағы трансуранды элементтер / А.В. Паницкий, Ж.А. Байгазинов, С.Н. Лукашенко, А.П. Коваль // ҚР ҰЯО жаршысы. – 2011. – 3-шығ. – Б. 129-133.

187. Ж.А. Байгазинов, Қойларды бұрынғы Семей сынақ полигонының «Тәжірибе даласы» сынақ алаңында радиациялық ластанған жағдайда ұстаған кезде олардың ағзаларына ^{241}Am және $^{239+240}$Pu радионуклидтерінің өту параметрлері / Ж.А. Байгазинов, С.Н. Лукашенко, А.В. Паницкий, С.С. Каратаев, С.А. Байгазы, А.С. Мамырбаева / Іргелі зерттеулер. – 2014. – № 3. – Б. 731-735.

188. А.В. Паницкий, Семей сынақ полигоны «Дегелең» алаңының радиоактивті ластанған алаңында мал шаруашылығы өнімдерін өндіру мүмкіндігін бағалау / А.В. Паницкий, С.Н. Лукашенко, С.И. Спиридонов // Радиация және қатер. – 2014. – Т.23. – № 3. – Б. 57-69.

189. Baigazinov, Zh.A. Transfer of tritium into laying hen's meat and eggs at prolonged intake with atmospheric air, water and grass meal / Zh.A. Baigazinov, S.N. Lukashenko S.S. Karatayev, A.V. Panitskiy, A.S. Mamyrbayeva, S.A. Baigazy, T.Ye. Kozhakhanov, L.F. Subbotina // Journal of Environmental Radioactivity. – 2017. – Vol.178-179.- P.110-115. – Қол жеткізу режімі: http://www. sciencedirect.com/science/article/pii/S0265931X17301509#.

190. Baigazinov, Z.A. The transfer of $^{239+240}$Pu, ^{241}Am, ^{137}Cs and ^{90}Sr to the tissues of horses / Z.A. Baigazinov, S.N. Lukashenko, A.V. Panitsky, N.Z. Kadyrova, S.S. Karatayev, A.S. Mamyrbayeva, S.A. Baigazy, A.B. Bazarbaeva, A.M. Kabdyrakova, A.E. Kunduzbaeva, L.B. Kenzhina, A.A. Zhadyranova, M. Hegedus, T. Kovacs //

Journal of Environmental Radioactivity. – October 2020. – Vol. 222. – P. 1-9 – Қол жеткізу режімі: https://www. sciencedirect.com/science/article/pii/S0265931X2030254X.

191. Mamyrbayeva, A.S. The transfer of ^{241}Am and ^{137}Cs to the tissues of broilers' organs/ A.S. Mamyrbayeva, Z.A. Baigazinov, S.N. Lukashenko, A.V. Panitskiy, S.S. Karatayev, A.N. Shatrov et al.// Journals.plos.org. – 2020. – PLOS ONE 15(7): e0235109. – Қол жеткізу режімі: https://doi.org/10.1371/jour- nal. pone.0235109.

192. Mamyrbayeva, A.S. The excretion of ^{241}Am and ^{137}Cs from the broilers organs after long-term application/ A.S. Mamyrbayeva, Z.A. Baigazinov, S.N. Lukashenko, A.V. Panitskiy at all. // Journal of Environmental Radioactivity. – April 2021. - Vol. 229-230. – Қол жеткізу режімі: https: //www. sciencedi- rect.com/science/article/pii/S0265931X21000151.

193. Kozhakhanov, T.E. Accumulation of artificial radionuclides in agricultural plants in the area used for surface nuclear tests / T.E. Kozhakhanov, S.N. Lukashenko, N.V. Larionova // Journal of Environmental Radioactivity. – 2014. – Vol. 137. – P. 217-226.

194. М.М. Бахтин, Семей полигоны табиғи ортасының ахуалы индикациясының кейбір белгілері туралы / М.М. Бахтин, А.Т. Сейсебаев // ҰЯО жаршысы. – 2002. – 3-шығ. – Б. 68-71.

195. М.М. Бахтин, Бұрынғы ССП ашық суайдыны хирономидтерінің (Diptera, Chironomidae) табиғи популяциясын цитогенетикалық зерттеу: биол. ғыл. канд. ғыл. дәреж. алуға арналған авто- реф. (03.00.11 – генетика) / Бахтин Мейрат Мухамедкаримович. – Алматы: Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, 2002. – 29 б.

196. М.М. Бахтин, Суайдынының экологиялық ахуалының ықтимал биоиндикаторы ретіндегі хирономидтер (Diptera, chironomidae) / М.М. Бахтин, А.Т. Сейсебаев, // ҰЯО жаршысы. – 2002. – 3 – шығ. – Б. 72-75.

197. К.С. Минкенова, Семей сынақ полигонының әскери радиоактивті заттектерге сынақтар жүргізілген жерлерінде өсетін

шисабақтағы (Koeleria gracilis Pers) цитогенетикалық өзгерістер / К.С. Минкенова, Ж.А. Байгазинов, С.Н. Лукашенко, А.Н. Мамырбаева, К.С. Каримбаева // Қазақстан Республикасы Ұлттық ядролық орталығының 2014-2016 жж. еңбектер жинағы [Қазақстан радиоэкологиясының өзекті мәселелері] / Э.Ғ. Батырбековтың, С.Н. Лукашенконың жетекш. – Павлодар: «Баспа үйі» ЖШС, 2017. – Т.2. – 6-шығ. – Б. 185- 203. – ISBN 978-6017844-54-7.

198. Н.Ж. Кадырова, Семей сынақ полигонының иондаушы сәуле шығаруларының өсімдіктер мен жануарлардың табиғи популяциясына созылмалы түрде әсер етулері салдарының радиобиологиялық және цитогенетикалық аспектілері: Монография / Н.Ж. Кадырова, Р.Ж. Жапбасов. – Павлодар, 2019. – 312 б.

199. К.С. Минкенова. Семей сынақ полигонының әскери радиоактивті заттектерге сынақтар жүргізілген алаңындағы жіңішке шисабақтағы цитогенетикалық әсерлер / К.С. Минкенова, Ж.А. Байгазинов, С.А. Гераськин, А.Н. Переволоцкий // Радиациялық биология. Радиоэкология. – 2020. – 60-том. – № 3. – Б. 249-264.

200. Panitskiy, A.V. Practical Experience in Applying Remediation Methods at the Semipalatinsk Test Site [Remediation Measures for Radioactively Contaminated Areas] (Kazakhstan). / A.V. Panitskiy, S.N. Lukashenko, E.G. Batyrbekov, S.A. Berezin, M.A. Umarov, Y.G. Strilchuk, V.V. Yakovlev; In: Gupta D., Voronina A. – Cham, 2018. – P. 273-289 [Электронды қор Springer Link]. – Қол жеткізу режімі: DOI https://doi.org/10.1007/978-3-319-73398-213, Print ISBN978-3-319-73397-5, Online ISBN978-3-319-73398-2.

201. МЕМСТ 17.4.3.01-83 (СТ СЭВ 3847-82). Табиғатты қорғау. Топырақтар. Сынамаларды іріктеуге қойылатын жалпы талаптар. – Кіріспе. 1984-07-01. – М.: Стандарттар баспасы ИПК, 1998. – 3 б.

202. ҚР СТ МЕМСТ Р 51593-2003 «Ауыз су. Сынамаларды іріктеп алу». – Кіріспе.2005-01-01. – Астана: ҚР Мемстандарт, 2003. – 13 б.

203. ҚР СТ МЕМСТ Р 51592-2003 «Су. Сынамаларды іріктеп алуға қойылатын жалпы талаптар». – Кіріспе. 2005-01-01. - Астана: ҚР Мемстандарт, 2003. – 58 б.

204. ҚР СТ 1545-2006 Радиациялық бақылау. Жербеткі және ағын сулардың сынамаларын іріктеп алу. – Кіріспе. 2008-01-01. – Астана: ҚР Мемстандарт, 2006. – 7 б.

205. МЕМСТ ISO 5667-11-2013 «Судың сапасы. 11-бөлім. Сынамаларды іріктеп алу. Топырақ суларының сынамаларын іріктеп алу бойынша басшылық. – Кіріспе. 2018-01-01. – Минск: Мемстандарт, 2013. – 35 б.

206. «Плутоний-(239+240), стронций-90 және цезий-137 жасанды радионуклидтерінің судағы құрамын шоғырландыру әдісімен анықтау» өлшеулерін орындау әдістемесі: ҚР ЯФИ РМК бас дир. бек. 18.07.2017: ҚР МӨЖ тізілімінде тіркелген 10.11.2017 № KZ.07.00.03615- 2017. – Алматы: ҚР ЯФИ РМК, 2017. – 25 б.

207. ISO 9698:2019 (E) «Су сапасы. Тритий. Сұйық-сцинтилляциялық есептеу арқылы белсенділікті анықтау әдісі» - Кіріспе. 2019-05. – Швейцария: Халықар. стандарт, 2019. - 3-басылым. – 25 б.

208. ҚР СТ СТБ 1058-2006 (БСТ 1058-98, IDT) Радиациялық бақылау. Атмосфералық ауа сынамаларын іріктеп алу. Жалпы талаптар. – Кіріспе. 2008-01-01. Астана: ҚР Мемстандарт, 2006. – 7 б.

209. ҚР СТ 1510-2006 Радиациялық бақылау. Мал шаруашылығы өнімдерінен сынамаларды іріктеп алу. Жалпы талаптар. – Кіріспе. 2007-01-01. – Астана: ҚР Мемстандарт, 2006. – 10 б.

210. «Биологиялық объектілердегі плутоний-(239+240), стронций-90 жасанды радионуклидтерінің құрамын анықтау» өлшеулерін орындау әдістемесі: ҚР ЭМ ЯФИ РМК бас дир. бек. 10.07.2017: ҚР МӨЖ 10.11.2017 тізілімінде тірк. № KZ.07.00.03614-2017. – Алматы: ҚР ЯФИ РМК, 2017. – 26 б.

211. МЕМСТ 27262-87 «Өсімдіктерден алынатын жемшөптер. Сынамаларды іріктеп алу әдістері» – Кіріспе. 1988-07-01. –

Астана: Стандарттар баспасы: КСР Одағының мем. стандарты, 1987. – 9 б.

212. 1990 ж. КСРО аумағындағы радиациалық жағдай./ К.П. Махонько редак.// КСРО Мемгидрометком жылнамасы. – Обнинск: «Тайфун» ҒӨБ, 1991. – 215 б.

«СЕМЕЙ СЫНАҚ ПОЛИГОНЫН КЕШЕНДІ РАДИОЭКОЛОГИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУ» МОНОГРАФИЯСЫ

Құрастырушы авторлар:
Э.Ғ. Батырбеков, А.О. Айдарханов,
В.А. Витюк, Н.В. Ларионова,
М.А. Умаров

Беттеу: А.И. Вус
Корректор: А.М. Бакирова

Форматы 60/90 1/8.
Офсеттік баспа. Офсеттік қағаз. Шартты басп. п. 43.
Тапсырыс № 940 Ц. Тираж 200.

Қазақстан Республикасының Ұлттық ядролық орталығы
Курчатов қаласы, Бейбіт атом к-сі, 2Б

«Дом печати» ЖШС басылып шығарылған
Павлодар қаласы, Астана к-сі, 143

Э.Ғ. Батырбеков, А.О. Айдарханов,
В.А. Витюк, Н.В. Ларионова, М.А. Умаров

СЕМЕЙ СЫНАҚ ПОЛИГОНЫН КЕШЕНДІ РАДИОЭКОЛОГИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕП-ҚАРАУ

2021

Бұл монографияда бұрынғы Семей сынақ полигоны аумағын кешенді радиоэкологиялық зерттеп-қарау нәтижелері ұсынылған. Зерттеуді Қазақстан Республикасы Ұлттық ядролық орталығының мамандары 2008-2021 жылдар аралығында жүргізді. Нәтижелер аумақтағы ағымдағы радиологиялық ахуалды анықтауға, адам мен қоршаған ортаға қауіп төндіретін учаскелерді және ықтимал экономикалық айналымға шығарылуы мүмкін учаскелерді анықтауға мүмкіндік берді. Кітап радиоэкологиямен, радиациялық қауіпсіздікпен, қоршаған ортаны қорғаумен айналысатын мамандарға, сондай-ақ бұрынғы Семей сынақ полигонының экологиялық жай-күйінің өзекті мәселелеріне қызығушылық танытатын кең аудиторияға арналған.

Семей сынақ полигонының жабылуына 30 жыл толуына орай

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ЯДРОЛЫҚ ОРТАЛЫҒЫ
КУРЧАТОВ Қ.