

Индустрия және жаңа технологиялар министрлігі
«Қазақстан Республикасы Ұлттық ядролық орталығы»
Республикалық мемлекеттік кәсіпорны
«Радиациялық қауіпсіздік және экология институты»
Еншілес мемлекеттік кәсіпорны

ҚАЗАҚСТАН
РАДИОЭКОЛОГИЯСЫНЫҢ
ӨЗЕКТІ МӘСЕЛЕЛЕРІ
3-шығарылым
2-Том

Қазақстан Республикасы
Ұлттық ядролық орталығының
2010 ж. еңбектер жинағы

Павлодар қ., 2014 ж.

УДК 621.039

ББК 31.4

Қ-18

Қазақстан Республикасы Ұлттық ядролық орталығының еңбектер жинағы ҚР ҰЯОРМК бас директорының радиозэкология жөніндегі орынбасары С.Н. Лукашенконың басшылығымен Қазақстан Республикасы Ұлттық ядролық орталығының қызметкерлерімен дайындалған.

Рецензенттер:

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

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

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

Техникалық редакторлар: О.В. Тоневицкая, О.В. Серая

Аударғандар: А.Е. Несіпбаева, П.С. Махметова

Қ-18

Қазақстан радиозэкологиясының өзекті мәселелері: [Қазақстан Республикасы Ұлттық ядролық орталығының 2010 ж. еңбектер жинағы] / С.Н.Лукашенконың басш. – 3-шығ. – Павлодар: Баспа үйі, 2014.- 234 б.

ISBN 978-601-7112-83-7 (2-т.)

ISBN 978-601-7112-81-3 (жалпы)

Кітапта Қазақстан Республикасы Ұлттық ядролық орталығының 2010 жылдар ағымында атқарған жұмыстары берілген. Мақалаларда бұрынғы Семей сынақ полигонындағы және оның іргелес аумақтарындағы, басқа да Қазақстандағы ядролық сынақтар өткізілген жерлердегі («Азғыр» полигоны, «Лира» нысаны) радиозэкологиялық жағдайды зерттеу, ССП жұмыстарды қауіпсіз жүргізуді қамтамасыз етудің, қауіптің «радиациялық емес» факторлары, сондай-ақ Қазақстанның басқа да нысандарындағы радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз етудің жалпы мәселелері қамтылған. Авторлар ұсынылып отырған жинақ оқыған әр тұлғаға Қазақстандағы ядролық сынақтар өткізілген барлық негізгі нысандардың қазіргі шынайы ахуалы туралы сапалы ақпарат алуға мүмкіндік береді деп сенеді.

УДК 621.039

ББК 31.4

ISBN 978-601-7112-83-7 (2-т.)

ISBN 978-601-7112-81-3 (жалпы)

© ҚР ҰЯО РМК Радиациялық қауіпсіздік және экология институты ЕМК, 2014

© Павлодар, «Баспа үйі» ЖШС, 2014

МАЗМҰНЫ

1-Том

Редактордың алғысөзі.....	8
---------------------------	---

Бөлім: Бұрынғы Семей сынақ полигонының және іргелес аумақтардың радиоэкологиялық ахуалы.....	11
---	-----------

Семей сынақ полигоны «Тәжірибе даласы» алаңының радионуклидті ластану сипаты мен деңгейлері

<i>Мошков А.С., Лукашенко С.Н., Яковенко Ю.Ю., Стрильчук Ю.Г., Коровина О.Ю., Каширский В.В., Шатров А.Н., Яковенко А.М.....</i>	<i>13</i>
--	-----------

ССП аумағы «Батыс» бөлігінің радиоэкологиялық ахуалы

<i>Стрильчук Ю.Г., Айдарханов А.О., Генова С.В., Каширский В.В., Құндызбаева А.Е., Ларионова Н.В., Магашева Р.Ю., Паницкий А.В., Субботин С.Б., Топорова А.В., Тоневицкая О.В., Яковенко Ю.Ю., Лукашенко С.Н.....</i>	<i>81</i>
---	-----------

Шаған өз. суларының радионуклидті ластану деңгейі мен сипатын зерттеу (2010 жылдың нәтижелері)

<i>Генова С.В., Лукашенко С.Н., Айдарханов А.О.....</i>	<i>167</i>
---	------------

Шаған өзені аймағындағы құмдақтопырақтар мен түптік шөгінділердің беткі ластануының қалыптасу механизмдерін зерттеу

<i>Айдарханов А. О., Лукашенко С. Н., Субботин С. Б., Яковенко Ю. Ю.....</i>	<i>183</i>
--	------------

Бөлім: Қазақстандағы ядролық сынақтар өткізілген басқа да жерлердің радиоэкологиялық ахуалы.....	203
---	------------

Азғыр полигонындағы ядролық сынақ зардаптарын жою және қазіргі радиациялық жағдай

<i>Полишко А.Н., Лукашенко С.Н., Глуценко В.Н., Ахметов Е.З., Мұхамбетжанов Б.Т., Севериненко М.А.....</i>	<i>205</i>
--	------------

«"ЛИРА" нысанын мониторингілеу және кешенді зерттеу» жобасын дамыту стратегиясы (1998–2010 жж. жұмыс нәтижелерінің негізінде)

<i>Қадыржанов Қ.Қ., Лукашенко С.Н., Солодухин В.П., Агеева Т.И., Глуценко В.Н., Силачев И.Ю., Николаев И.М., Позняк В.Л., Новозенко В.А., Кияткина Н.Г., Глуценко Г.М., Матиенко Л.Д.....</i>	<i>251</i>
---	------------

Бөлім: ССП-ғы жұмыстарды қауіпсіз жүргізуді қамтамасыз ету.....	291
--	------------

«Қаражыра» көмір кенорнының аумағындағы радиоэкологиялық хал-ахуал

<i>Субботин С.Б., Лукашенко С.Н., Айдарханов А.О., Романенко В.В.....</i>	<i>293</i>
---	------------

«Байтемір» кенорны аумағының радиоэкологиялық ахуалы

<i>Стрильчук Ю.Г., Айдарханов А.О., Генова С.В., Каширский В.В., Құндузбаева А.Е., Ларионова Н.В., Магашева Р.Ю., Паницкий А.В., Субботин С.Б., Топорова А.В., Тоневицкая О.В., Яковенко Ю.Ю., Лукашенко С.Н.....</i>	<i>337</i>
---	------------

«Есімжал» кенорнының қазіргі уақыттағы радиоэкологиялық ахуалы

<i>Осинцев А.Ю., Мустафина Е.В., Коровина О.Ю., Субботин С.Б., Айдарханов А.О.....</i>	<i>391</i>
--	------------

Семей ядролық сынақ полигонының әсер етуші аймағында

тұратын тұрғындар дозасын қайта құру мәселесіне

<i>Битенова М.М., Брянцева Н.В., Лукашенко С.Н., Галич Б.В., Жадыранова А.А., Каширский В.В., Мецзяркова А.В., Пивоваров С.П., Рухин А.Б., Середавина Т.А., Чередниченко О.Г., Губицкая Е.Г., Байгушикова Г.М.....</i>	<i>405</i>
--	------------

Алфавиттік көрсеткіш	429
----------------------------	-----

Шығарылымның негізгі авторлары туралы	431
---	-----

2-Том

Бөлім: ССП-ғы арнайы зерттеулер	9
--	----------

Семей сынақ полигонының топырағындағы «Ыстық» бөлшектерді зерттеу және жүйелендіру <i>Горлачев И.Д., Квочкина Т.Н., Князев Б.Б., Лукашенко С.Н.</i>	11
--	----

Жерүсті ядролық сынақтар өткізілген ауданда («Тәжірибе даласы» ал.) ауыл шаруашылығы дақылдарының техногенді радионуклидтерді жинақтау ерекшелігі <i>Қожаханов Т.Е., Лукашенко С.Н., Ларионова Н.В., Иванова А.Р., Келлер С.А.</i>	59
--	----

Бұрынғы ССП «Тәжірибе даласы» алаңының дала экожүйелеріне жасанды радионуклидтердің өту ерекшеліктері <i>Ларионова Н.В., Лукашенко С.Н., Құндызбаева А.Е., Иванова А.Р., Келлер С.А.</i>	85
--	----

ССП аумағындағы кейбір телімдердің топырағынан радионуклидтерді анықтау формасын салыстырмалы түрде бағалау <i>Құндызбаева А.Е., Қабырақова А.М., Лукашенко С.Н., Магашева Р.Ю.</i>	101
---	-----

Тритий ядролық сынақтар өткізілген жерлердің индикаторы іспеттес <i>Ляхова О.Н., Лукашенко С.Н., Ларионова Н.В., Субботин С.Б., Мульгин С.И., Жданов С.В.</i> ..	121
---	-----

«Дегелең» сынақ алаңының жағдайында ауыл шаруашылығы жануарларын өсіру барысында олардың ағзасынан анықталған трансуранды элементтер <i>Паницкий А.В., Байғазинов Ж.А., Лукашенко С.Н., Коваль А.В.</i>	143
---	-----

«Балапан» сынақ алаңының шегінен тыс жерлерге техногенді радионуклидтердің жылыстау жолдарын анықтау <i>С.Б.Субботин, С.Н.Лукашенко, В.В.Романенко, В.В.Каширский, Е.Ю.Пестов, Л.В.Бахтин, Э.М.Горбунова, К.И.Кузеванов</i>	161
---	-----

Дегелең таулы массивінің қар жамылғысындағы тритийдің құрамын зерттеу <i>Турченко Д.В., Лукашенко С.Н., Айдарханов А.О., Ляхова О.Н.</i>	235
---	-----

Саржал ауылындағы өндірістік телімде өндірілетін қымыздың сапасы жайлы мәселеге <i>Паницкий А.В., Лукашенко С.Н., Битенова М.М.</i>	245
--	-----

Бөлім: ССП-ғы қауіптің «радиациялық емес» факторлары	251
---	------------

«Сары-өзен» алаңындағы газ шығуларды алдын ала тексерулік зерттеу нәтижелері <i>Романенко В.В., Лукашенко С.Н., Субботин С.Б., Чернова Л.В.</i>	253
--	-----

«Балапан» алаңындағы газ шығарудың сипатын зерттеу <i>Романенко В.В., Субботин С.Б., Лукашенко С.Н., Чернова Л.В.</i>	277
--	-----

«Дегелең» алаңының порталалды телімдерінде ауыр металдармен ластанудың қалыптасу факторы <i>Лукашенко С.Н., Амиров А.А.</i>	297
---	-----

Бөлім: Радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз етудің жалпы мәселелері.....	317
«Фукусима-1» АЭС апатының Қазақстан Республикасындағы радиациялық хал-ахуалға әсерін бағалау <i>Лукашенко С.Н., Айдарханов А.О., Тимонова Л.В., Силачев И.Ю., Мильц О.С., Рсымбетова Р.С.....</i>	319
Адамның денесіндегі ^{210}Pb және ^{214}Bi белсенділігін тура анықтаудың әдістемесін әзірлеу <i>Жадыранова А.А., Лукашенко С.Н., Каширский В.В., Шатров А.Н.....</i>	329
Органикалық емес СРҚ РҚ ЖН-350 қайта өңдеу технологиясының негізгі кезеңдерін өңдеу <i>Коровина О.Ю., Лукашенко С.Н., Каширский В.В., Зверева И.О.</i>	343
Қазақстан Республикасындағы рентгендиагностикалық жабдықтардың эксплуатациялық параметрлерінің сапасын бағалау <i>Божко В.В., Мустафина Е.В., Осинцев А.Ю.....</i>	355
Қызметкерлердің дозалық жүктемелері бойынша ақпараттарды өңдеу және сақтауға арналған деректер базасы <i>Семенов М.С., Осинцев А.Ю., Мустафина Е.В.....</i>	365
«ССП» ГАЗ-жобасын әзірлеу	371
<i>Яковенко Ю.Ю., Лукашенко С.Н., Субботин С.Б.</i>	371
Алфавиттік көрсеткіш	384
Шығарылымның негізгі авторлары туралы	385

*Қазақстан Республикасының
Тәуелсіздігінің 20 жылдығы
мен*

*Семей ядролық сынақ
полигонының жабылуының
20 жылдығына арналады*

БӨЛІМ: ССП-ҒЫ АРНАЙЫ ЗЕРТТЕУЛЕР

УДК 631.4:577.4:504.75.05:539.16

СЕМЕЙ СЫНАҚ ПОЛИГОНЫНЫҢ ТОПЫРАҒЫНДАҒЫ «ЫСТЫҚ» БӨЛШЕКТЕРДІ ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ ЖҮЙЕЛЕНДІРУ

¹Горлачев И.Д., ¹Квочкина Т.Н., ¹Князев Б.Б., ²Лукашенко С.Н.

¹ ҚР ҰЯО Ядролық физика институты, Алматы, Қазақстан

**²ҚР ҰЯО Радиациялық қауіпсіздік және экология институты,
Курчатов, Қазақстан**

Семей сынақ полигонының (ССП) аумағында 456 ядролық жарылыс өткізілген болатын. Топырақтың түрлі типінде ластанған радионуклидтердің таралуы мен құрамы да әр түрлі. Топырақ белсенділігінің негізгі көздерінің бірі ондаған микроннан миллиметрлік бірлікке дейінгі мөлшерде «ыстық» бөлшектер болып табылады. Үлгінің жалпы белсенділігіне «ыстық» бөлшектердің белсенділігінің арақатынасы ядролық сынақтың жаратылысымен анықталады. Қоршаған ортадағы радиоактивті өнімдердің жылыстау дәрежесін болжау үшін және адам ағзасының ішкі және сыртқы сәулеленуін бағалау үшін «ыстық» бөлшектердің физика-химиялық қасиеттерін білу қажет.

Ұсынылған жұмыстың мақсаты – түрлі типтегі ядролық сынақтар өткізілген жерлерден іріктеп алынған топырақ сынамаларынан «ыстық» бөлшектердің бөлінуі, оларды жүйелендіру және топырақ фракцияларының және белгілі бір «ыстық» бөлшектердің физика-химиялық ерекшеліктерін зерттеу жұмыстары болып табылады. Барлығы топырақтың 20 сынамасы іріктеп алынды, оның ішінде «Тәжірибе даласынан» – 7, «Атом» көлінен – 2, «Телкем-1» алаңынан – 3, П-2 телімінен – 3 және «Дегелең» алаңынан 177, 139, 503, 609 штольняларынан 5 сынамадан сәйкес келеді. Барлық сынамалар көзбен шолудың сәйкестендіру әдісімен «ыстық» бөлшектердің орын алуына және еріксіз бөлінуіне зерттелді. Жалпы алғанда ірі гранулометриялық фракциялардан 3000-нан аса «ыстық» бөлшектер бөлінді (бөлшектердің көлемі 0.28 мм аса). Ұсақ гранулометриялық фракцияларда бөлшектер айқындалған жоқ, тек қана олардың құрамы есептелді. Жеке бір «ыстық» бөлшектер абсолюттік және тиесілі белсенділігі, тығыздығы, $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$, $^{239+240}\text{Pu}/^{241}\text{Pu}$ және $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ изотоптарына арақатынасы, орташа элементтік құрамы анықталды және ондағы плутонийді анықтау формасы зерттелді. Гамма және рентген желілерінің есебінің жылдамдығының стандартты ауытқуларын талдамалауға негізделген «ыстық» бөлшектердің орташа белсенділігі мен мөлшерін бағалау, орын алуын анықтау тәсілі әзірленді. Зерттеулерді орындау барысында дәстүрлі аналитикалық әдістермен, гамма-, альфа- және масс-спектрометрия, рентгенофлуоресцентті талдаумен қатар, Ядролық физика институтына бейімделген арнайы әзірленген дәстүрлі емес тәсілдер де пайдаланылды.

КІРІСПЕ

1949 ж. бастап 1989 жылға дейінгі аралықта ССП аумағында 456 ядролық сынақ өткізілді. Ядролық Физика Институтының (ЯФИ) көп жылдар ішінде жүргізген зерттеулерінен ССП топырақтарының радиоактивті ластану табиғаты – салыстырмалығы жоғары емес орташа белсенділігі бар телімдерде жасанды радионуклидтердің құрамының ауқымды түсулер деңгейінен жүздеген және мыңдаған есеге асып түсетін облыстары болуымен сипатталады [1]. Зерттеулер барысында оның ішінде өлшемі ондаған микроннан бір миллиметрге дейінгі бөлшектер топырақтардың белсенділік көздері болып табылатыны анықталды. Ғылыми әдебиетте мұндай пайда болуларды «ыстық»

бөлшектер деп атау қабылданған. Аса ұсақтары, субмикрондық пайда болулар, әдетте, сынаманың «матрицалық» белсенділігін анықтайды. Оларды бірыңғай сәйкестендіру қиын, сондықтан олар жеке бөлшектер ретінде қарастырылмайды. Сонымен, «ыстық» бөлшектер дегеніміз – бұл табиғи әсерлерге төзімді, минералды, жоғары температура кезінде ядролық сынақтар процесінде қалыптасқан және жоғары тиесілі белсенділігі бар бірыңғай сәйкестендірілетін пайда болу үдерісі. «Ыстық» бөлшектердің радионуклидтік құрамының қалыптасуы температуралық өзгерістер мен отты шар және ядролық жарылыс бұлтында пайда болатын күрделі ядролық-физикалық және термодинамикалық процестерге байланысты. «Ыстық» бөлшектердің физика-химиялық қасиетін білу қоршаған ортада радиоактивті өнімдердің жылыстау қасиеттерін болжау және адам ағзасының сыртқы және ішкі сәулелену қауіпін бағалау үшін қажет.

«Ыстық» бөлшектердің физика-химиялық қасиетін зерттеу және жүйелеу бойынша жұмыстар шеңберінде ССП іріктеп алынған топырақ сынамалары мен жекелеген «ыстық» бөлшектердің гамма-спектрометриялық талдамасы жүргізілді. «Ыстық» бөлшектер топырақтардың он бір сынамасының ірі гранулометриялық фракциясынан ЯФИ-да әзірленген мәжбүрлі бөліну мен көзбен шолу арқылы сәйкестендіру әдістерімен бөлініп алынды.

1. ЗЕРТТЕУ МАТЕРИАЛДАРЫ МЕН ӘДІСТЕРІ

1.1. Зерттеу жүргізу үшін ССП телімдерін таңдап алу

Ластанудың сипаты мен көлемдері, басым радионуклидтердің түрлері бойынша полигонның негізгі ластанған телімдері өзіндік төрт типке бөлінуі мүмкін:

- алаңдық ластануы бар телімдер – жерүсті және ауадағы ядролық жарылыстарды жүргізу нәтижесі ретінде;
- экскавациялық және апаттық жерасты жарылыстарын жүргізу нәтижесінде ластанған телімдер;
- гидроядролық жарылыстарды жүргізу нәтижесінде ластанған телімдер;
- супайдаболу көріністері бар штольнялардың сағаалды телімдері.

Ластанудың әр типі үшін радионуклидтерді анықтау формалары мен олардың алаңдар бойынша таралуының көп айырмашылығы болуы мүмкін. Сондықтан радионуклидті ластану ерекшеліктерін анықтау үшін жүргізілген сынақтардың әр типіне ұқсас телімдер таңдап алынды. Мұндай көзқарас ядролық жарылыстарды жүргізу орындары туралы нақты ақпарат бере алмайды. Алайда ол статистикада болмаса да полигонның түрлі телімдерінде радионуклидтерді анықтау формаларына салыстырмалы талдау жүргізуге, сол сияқты ядролық сынақтардың нақты бір типіне тән ерекшеліктерді анықтауға мүмкіндік береді.

Зерттеулер үшін таңдап алынған нысандар мен олардың жіктелу орындары 1-кестеде берілген. ССП таңдап алынған телімдердің орналасуы 1-суретте көрсетілген.

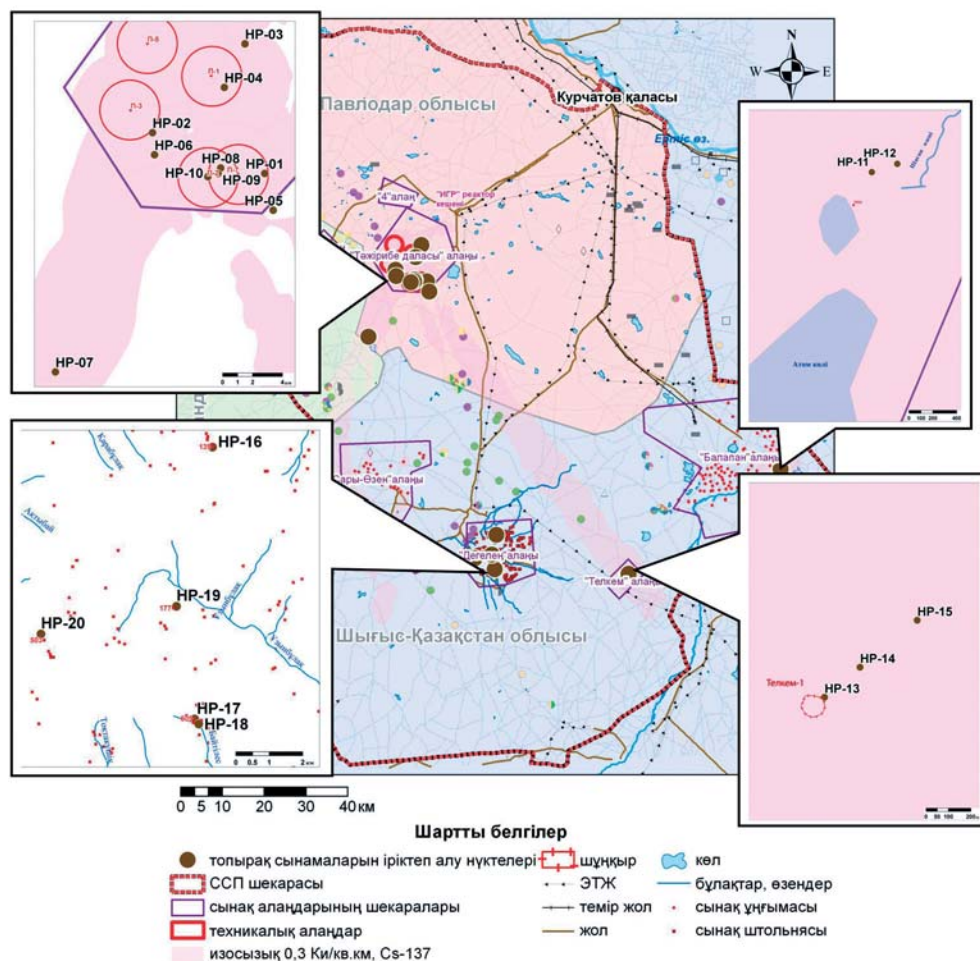
1-Кесте.

Таңдап алынған зерттеу нысандарының жіктелуі

Телімдердің жіктелуі	Таңдап алынған зерттеу нысандары
Супайдаболу көріністері бар штольнялар («Дегелең»)	№ 177, 503, 609 штольнялар
Экскавациялық және апаттық жарылыстар	«Телкем-1», «Атом» көлі («Балапан»), №139 штольня
Жерүсті және ауадағы жарылыстар	Оңтүстік-Батыстық із, Оңтүстік-шығыстық із
Гидродролық жарылыстар	П-2 және П-7 телімдер
«Таза» аумақтар	«Тәжірибе даласындағы» аялық телімдер

Сынама алынған жер.

Барлығы 20 топырақ сынамасы іріктеліп алынды. (1-сурет).



1-Сурет. ССП зерттеу үшін таңдап алынған телімдердің орналасу сұлбасы

Аялық телімдер. «Тәжірибе даласының» үш телімі алдын ала анықталды, олардың жалпы белсенділіктерін ескере отыра, ары қарай аялық телімдер ретінде пайдаланылды (НР-01, НР-02 және НР-03 сынамалары). «Тәжірибе даласында» сондай-ақ НР-04 – НР-07 сынамалары іріктеп алынды.

П-2 телімінде топырақтың үш сынамасы: ядролық (сынама НР-10), гидроядролық (сынама НР-08) және аралас жарылыстардың (сынама НР-09) жүргізу орындарында іріктеп алынды. Сынамалар шұңқырлардың үйінді жотасынан, жарылыстардың бір-біріне аз әсер ететіндей іріктеп алынды.

«Атом» көлі («Балапан»). Сынамалар солтүстік-шығыс сәуле бойынша іріктеп алынды (радиоактивті із). Бірінші сынама көл шұңқырларының үйінді жотасынан іріктеп алынды (сынама НР-11). Екіншісі – 50 м ара қашықтықта (сынама НР-12).

«Телкем-1». Үш сынама іріктеп алынды: бірінші сынама үйінді жотасында (сынама НР-13), екіншісі - 200 м-де (сынама НР-14), үшіншісі – 500 м-де (сынама НР-15) іріктеп алынды.

«Дегелең». №139 штольня. Сынама портал алдында, төбенің етегінде іріктеп алынды (сынама НР-16).

«Дегелең». № 609 штольня. Бұл штольнядан екі сынама іріктеп алынды. Бірінші сынама – портал алдында (сынама НР-17). Екінші сынама – порталдан жүз метр жерден (сынама НР-18) іріктеп алынды.

«Дегелең». № 177 штольня (сынама НР-19). Сынама портал алдында, бұлақтың су ағып жатқан сағасында іріктеп алынды.

«Дегелең». №503 штольня (сынама НР-20). Бір сынама портал алдында, бұлақтың су ағып жатқан сағасында іріктеп алынды.

Экспедициялық жұмыстарды жүргізу.

Сынамаларды іріктеп алған жерлерден экспозициялық доза қуаты (ЭДҚ) мен α - және β -бөлшектермен жербеткі ластану тығыздығы өлшенді.

Таңдап алынған алаңда топырақ 3–5 см тереңдікте және 15x15 см² алаңда іріктеп алынды. Сынама өлшенді. Топырақтың алынған массасы полиэтилен пакетке салынды, төлқұжатпен (түсінік хатпен) қамтамасыздандырылып, механикалық бүліну болмас үшін оралды. Төлқұжатта іріктеп алған жері мен күні, географиялық координаттары, салмағы, код нөмірі, сынаманы іріктеп алушының тегі көрсетілді. Бір уақытта сынамаларды іріктеп алудың дала журналы толтырылады.

Топырақ сынамасының сипаттамасы 2-кестеде берілген.

Экспозициялық доза қуатын өлшеу диапазоны 10 мкР/сағ. - 9.999 Р/сағ. және негізгі дәлсіздіктің 15 % рауалы шегі бар ДРГ – 0.1Т тексерілген және градуириленген дозиметрмен жүргізілді. Өлшеулер жер бетінен 1 м және 3–4 см биіктікте жүргізілді. Өлшеу кезінде құрал жер бетіне параллель орналасты.

α - және β -бөлшектермен жербеткі ластану тығыздығын өлшеу «Harwel» радиометрмен жүргізілді. Радиометрдің өлшеу диапазоны 0,3-тен 5000 бөлшек/(мин.·см²) дейін. Өлшеудің негізгі дәлсіздігі 20 % аспайды. α - және β -радиометрлермен өлшеу кезінде детектордың қорғаныш үлдірін бұзбай, датчиктің ластанған жер бетімен аса толық қатынасын қамтамасыз етуге болатын телімдер таңдап алынды.

Географиялық координаттарды анықтау үшін GPS NAV 5000 DLX құралы пайдаланылды. Техникалық сипаттамаларына сәйкес ол координаттарды 15 м кем емес нақтылықпен анықтау үшін арналған.

2-Кесте.

ССП іріктеп алынған сынамалардың сипаттамасы

Сынама №	Географиялық координаттары		Сынама салмағы, граммы	Белсенділікті өлшеу деректері		
	ендік	бойлық		МЭД, мкР/сағ.	β, имп/сек	α, имп/сек
НР-01	50° 22' 39,5"	77° 51' 40,5"	1950	18	14	<0.5
НР-02	50° 24' 17"	77° 45' 25,6"	1500	30	20	<0.5
НР-03	50° 27' 22,1"	77° 50' 50,1"	1410	18	15	<0.5
НР-04	50° 25' 49,4"	77° 49' 34,7"	1490	26	40	<0.5
НР-05	50° 21' 19"	77° 51' 64"	1330	15	12	<0.5
НР-06	50° 23' 29"	77° 45' 30"	1450	22	17	<0.5
НР-07	50° 15' 46"	77° 39' 28"	1550	25	17	<0.5
НР-08	50° 22' 54,9"	77° 49' 12,1"	1530	30	600	450
НР-09	50° 22' 43,4"	77° 49' 2,3"	1570	380	190	2
НР-10	50° 22' 37,3"	77° 48' 27,6"	1300	1200	800	3
НР-11	49° 56' 14,7"	79° 00' 40,8"	2100	300	500	<0.5
НР-12	49° 56' 16,6"	79° 00' 51,7"	2020	60	120	<0.5
НР-13	49° 43' 43,7"	78° 29' 10,4"	1620	120	35	<0.5
НР-14	49° 43' 47,8"	78° 29' 18,6"	2520	22	17	<0.5
НР-15	49° 43' 54,2"	78° 29' 31,8"	2690	22	20	<0.5
НР-16	49° 49' 39,6"	78° 03' 34,4"	1270	100	25	1.5
НР-17	49° 45' 17,6"	78° 2' 51,1"	1260	2500	2000	<0.5
НР-18	49° 45' 12,5"	78° 2' 57"	1240	2000	5000	<0.5
НР-19	49° 47' 7,6"	78° 2' 30,9"	1170	150	600	<0.5
НР-20	49° 46' 46"	77° 59' 6,6"	1170	30	70	<0.5

1.2. Зерттеу аспаптары мен әдістері

Топырақ фракцияларының радионуклидтік құрамының стандартты әдістемелерінен (γ-спектрометрия, α-спектрометрия, рентгенфлуоресценттік талдау) басқа аналитикалық мүмкіндіктерді кеңейтуге және бөлінген «ыстық» бөлшектердің қасиеттері туралы қосымша ақпарат алуға мүмкіндік беретін стандартты емес әдістер мен тәсілдер әзірленіп, пайдаланылды.

1.2.1. Топырақ фракцияларын зерттеу әдістері

Аспаптық радионуклидтік талдау

Радионуклидтік талдауда аналитикалық аспап ретінде энергиялар диапазоны бірнеше кэВ-тен бірнеше жүздеген кэВ дейін, сондай-ақ плутоний мен америций изотоптарының күрделі рентген спектрлердің тиімді ыдырауы үшін энергиялар облысында 13–22 кэВ жоғары рұқсаттық қабілеті бар жоғары таза Ge жасалған планарлық детектор пайдаланылды.

Аспаптық радионуклидтік талдау гранулометриялық фракциялардың талдауы үшін, сол сияқты жекелеген «ыстық» бөлшектердің қасиеттерін зерттеу үшін пайдаланылды.

Топырақ сынамаларындағы «ыстық» бөлшектердің орын алуын анықтау, санын және орташа белсенділігін бағалау

Топырақ материалында ыстық бөлшектердің барын бағалаудың түбегейлі мүмкіндігі ССП нысандарында топырақтар мен түптік шөгінділердің радиоэкологиялық зерттеулеріне, оның ішінде ^{137}Cs және ^{241}Am сияқты радионуклидтердің құрамына гамма-спектрометриялық талдауға негізделген. Бір үлгінің қайталанған өлшеулері қалпына келтіруінің дәлсіздігі есептеудің статистикасымен ғана байланысты аспаптық дәлсіздіктен жиі көп асады [1]. Өлшеулердің бекітілген геометриялық жағдайлары кезінде есептеу жылдамдығының мұндай нұсқасының болжамды себептерін талдау барлық үлгі белсенділігінің көп бөлігіне аккумуляция жасайтын ыстық бөлшектердің кейбір үлгілерінде бар екендігі туралы қорытындыға әкелді. Үлгі көлемінде кейбір жоғары белсенді «ыстық» бөлшектердің кездейсоқ орналасуы сынама материалын араластыру кезінде немесе сынама материалын тең бөліктерге бөлу кезінде алынған үлгілерді өлшеу кезінде есептеу жылдамдығының күрт өзгерісін түсіндірді.

Аналитикалық параметр болып «ыстық» бөлшектердің бар екендігін интегралды сипаттамасын зерттеу кезінде гамма немесе рентген сәулелену детекторымен тіркелетін есептеу жылдамдығы таңдап алынды. Жұмыстарда жазылған математикалық формализмді қолдану [2–5], топырақтағы плутонийді аспаптық анықтаудың тура әдісін пайдалану [6] құрамында ыстық бөлшектер бар топырақтар үлгілерінің интегралды сипаттамасын анықтау үшін алгоритм және статистикалық сынақтар әдісі деп аталатын әдістемелік тұрғыны әзірлеуге мүмкіндік берді.

«Ыстық» бөлшектердің геометриялық өлшемдерін ескере отырып (жүздеген микроннан бір миллиметрге дейін), математикалық үлгіде әзірленген (детектор дыбыс беруі) аналитикалық параметрге бөлшектер мен детектордың сезімтал бетінің өзара орналасуы күшті әсер етеді. Басқа сөздермен айтқанда, «ыстық» бөлшектердің сәулеленуінің таңдап алған гамма немесе рентген сызығының есептеу жылдамдығы тек оның белсенділігіне ғана емес, сондай-ақ детектор мен «ыстық» бөлшектің арасындағы ара қашықтыққа, сонымен бірге құрамында «ыстық» бөлшектер бар үлгінің әлсіздендіруші сипаттамаларына тәуелді болады. Бұл әсер тіркелетін сәулелену энергиясынан да күшті болады.

Егер массасы m үлгінің құрамында n «ыстық» бөлшектер анықталған нуклид $\bar{A}_{HP}$ орташа белсенділігімен, ал үлгінің матрицасының бір нуклид A_M сияқты белсенділігі болса және бұл белсенділік сынаманың барлық көлемі бойынша гомогенді деп болжанса, онда үлгі көлемінде барлық «ыстық» бөлшектердің кездейсоқ тегіс таралып орналасуы кезінде есептеу жылдамдығы мынаған тең болады [3]:

$$N_{total} = \varepsilon_{int} p \left\{ \bar{A}_{HP} \sum_{i=1}^n \varepsilon_p(x_i, r_i) + \varepsilon_v A_M \right\} \quad (1)$$

мұндағы ε_{int} – детектор тіркеуінің ішкі тиімділігі, яғни шыңдағы импульстер санының детектордың сезімтал бетіне түсетін фотондар санына қатынасы [4]; $\varepsilon_p(x_p, r_p)$ –

«ыстық» бөлшектердің тіркелуінің геометриялық тиімділігі (нүктелік көз) және ε_v – үлгінің матрицасының геометриялық тиімділігі (көлемді көз); p – тіркелетін гамма сызықтың өту болжамы.

Егер өлшеу ыдысы детекторға коаксиалды орналасса, онда өлшеу ыдысының еркін нүктесінде орналасқан жекелеген «ыстық» бөлшектердің тиімділігі $\varepsilon_p(x_p, r_p)$ детектордың жалған нүктесінің концепциясын пайдалана отырып, есептелуі мүмкін. Осы тәсілге сәйкес, нүктелік көздің тиімділігі $1/(HP \leftrightarrow P)^2$ пропорционал, мұндағы $HP \leftrightarrow P - HP$ «ыстық» бөлшек пен детектордың сезімтал көлемінде, шынайы бетінен төмен орналасқан P жалған нүктесінің арасындағы арақашықтық [4]. Егер P нүктесінен өлшеу ыдысының түбіне дейінгі ара қашықтықты d деп белгілесек, ал өлшеу ыдысының түбінен «ыстық» бөлшектерге дейінгі HP ара қашықтықты x деп белгілесек, онда $HP \leftrightarrow P$ ара қашықтығы $\{r^2 + (x+d)^2\}^{1/2}$ тең болады. d тәжірибелік анықтаманың суреттемесін мысалы, [4] немесе [5] табуға болады. Сол кезде фотонның детектормен тіркелуіне дейін үлгі ішінде өтуге қажетті ара қашықтық былайша есептелуі мүмкін:

$$z = \frac{x\sqrt{r^2 + (x+d)^2}}{x+d} \quad (2)$$

Бір ыстық бөлшектен өлшеу ыдысының ішінде (x, r) қалыпта тіркеу тиімділігі осылайша мынаған пропорционал болады:

$$\varepsilon_p(x, r) \propto \frac{\text{Exp}(-\mu \cdot \rho \cdot z)}{r^2 + (x+d)^2} \quad (3)$$

мұндағы μ – үлгінің материалының әлсізденуінің жаппай коэффициенті, ρ – үлгінің материалының тығыздығы.

Көлемді үлгінің геометриялық тиімділігі мынаған пропорционал [3]:

$$\varepsilon_v \propto \frac{2}{R^2} \frac{1}{H} \int_0^R \int_0^H \frac{\text{Exp}(-\mu \cdot \rho \cdot z)}{r^2 + (x+d)^2} r dx dr \quad (4)$$

Қосарлы интеграл (4) тек санмен ғана есептелуі мүмкін, мысалы, Монте-Карло әдісімен.

Егер өрнекте (1) жақша сыртына көлемді үлгінің ε_v геометриялық тиімділігін шығарса, онда алатынымыз:

$$N = \varepsilon_{\text{int}} \varepsilon_v P \left\{ \frac{\sum_{i=1}^n \varepsilon_p(x_i, r_i)}{\varepsilon_v} + A_M \right\} \quad (5)$$

Өрнектегі ε_{int} ε_v көбейтіндісі (5) толық сіңіру шыңын тіркеудің тиімділігі болып табылады. Ол бекітілген геометриялық жағдайлар үшін гомогенді үлгінің белгілі белсенділікпен өлшенуі кезінде тәжірибелік анықталуы мүмкін. «Ыстық» бөлшектер үлгісінде тегіс тараған жекелеген тиімділіктердің сомасының n жоғары мәні кезіндегі

көлемді үлгінің тиімділігіне қатынасы n ұмтылатын болады. Яғни, жеткілікті жоғары n кезінде өрнектің жақшадағы сол жақ бөлігі (5) $n \cdot \bar{A}_{HP}$ ұмтылатын болады. $n \cdot \bar{A}_{HP}$ мәні үлгінің зерттеліп жатқан материалындағы «ыстық» бөлшектердің маңызды интегралды көрсеткіші болып табылады. Бұл мән ядролық сынақтар жүргізілген орындарды радиоэкологиялық зерттеу кезінде топырақтың ықтимал қауіпті телімдерінің ремедиациясы немесе кәдеге жаратылуының қажеттілігі туралы шешім қабылдау үшін түйінді критерий болуы мүмкін.

«Ыстық» бөлшектердің өрнегіндегі n саны (5) (x_p, r_p) координаттары бар әр өлшеуде еркін таңдап алынған барлық «ыстық» бөлшектердің қалыптары үшін тәуелсіз өлшеу тұрғысынан үлгінің қалпын анықтайды. Егер әр кезде оның көлемі бойынша «ыстық» бөлшектер қалпы таралуының қатаң сипатын қамтамасыз ете отырып, құрамында n «ыстық» бөлшектері бар үлгінің m тәуелсіз өлшеулерін жүргізсек, онда k -лік өлшеу үшін есептеу жылдамдығы мына өрнекпен анықталады:

$$N_k = \varepsilon \cdot p \left\{ \bar{A}_{HP} \frac{\sum_{i=1}^n \varepsilon_p(x_{ki}, r_{ki})}{\varepsilon_v} + A_M \right\} \quad (6)$$

мұндағы ε – толықтай сіңіру шыңын тіркеудің толық тиімділігі; $\varepsilon_p(x_{ki}, r_{ki})$ – k -лік өлшеудегі i -лік «ыстық» бөлшектің геометриялық тиімділігі.

Егер үлгідегі «ыстық» бөлшектердің саны үлкен болмаса, онда әр өлшеуде есептеудің әр түрлі жылдамдығы алынатын болады. Бұл айырмашылықтың дәрежесі үлгінің геометриялық сипаттамасымен де, үлгі белсенділігінің «ыстық» және «ыстық емес» фракцияларының қатынасымен де әлсірететін ыстық бөлшектердің санымен анықталатын болады. Басқа жағынан алғанда, n өте үлкен мәні кезінде үлгінің барлық материалы, «ыстық» және «ыстық емес» фракцияларды қоса отыра, іс жүзінде гомогенді болады (өйткені ыстық бөлшектердің элементар көлемдері іс жүзінде үлгінің барлық көлемін тегіс толтыратын болады) және, яғни, есептеу жылдамдығының өзгерістері кезекті статистикалық сынақ кезінде нөлге ұмтылатын болады. Есептеу жылдамдығының әр өлшеуінің оның орташа мәнінен айырмашылық дәрежесін аналитикалық жағынан орташа стандартты ауытқумен көрсетуге болады:

$$\sigma_N = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^m (N_k - \bar{N})^2}{m-1}} \quad (7)$$

Өрнекке (7) өрнек (6) қоя тұрып, және кейбір түрлендірулерден кейін есептеу жылдамдығының орташа мәнінің өрнектің (5) орнына алатынымыз:

$$\sigma_N = \varepsilon \cdot p \cdot n \cdot \bar{A}_{HP} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^m \left\{ \frac{\sum_{i=1}^n \varepsilon_p(x_{ki}, r_{ki})}{n \cdot \varepsilon_V} - 1 \right\}^2}{m-1}} \quad (8)$$

Бұл өрнек $\sum_{i=1}^n \varepsilon_p(x_{ki}, r_{ki}) / n$ те қатынасы n еркін мәндерден ε_V орташа арифметикалық мән болып табылады. $n \rightarrow \infty$, кезінде σ_N нөлге ұмтылады, яғни үлгінің материалы аналитикалық параметрді тіркеу тұрғысынан алып қарағанда біртекті болады. Бұл n өте үлкен мәндер кезінде үлгінің гомогендігі туралы бұрын жасалған қорытындыны растайды.

Егер статистикалық сынақтар үшін аналитикалық параметр ретінде есептеу жылдамдығы емес, өлшеулердің бекітілген геометриялық жағдайларына арналған үлгінің есептік белсенділігін (үлгінің биіктігі, диаметрі, массасы, детектор-үлгі ара қашықтығы), пайдаланылса, онда есептік белсенділіктің орташа стандартты ауытқуы үшін келесі өрнекті аламыз:

$$\sigma_A = n \cdot \bar{A}_{HP} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^m \left\{ \frac{\sum_{i=1}^n \varepsilon_p(x_{ki}, r_{ki})}{n \cdot \varepsilon_V} - 1 \right\}^2}{m-1}} \quad (9)$$

Белгілей отыра

$$D(n, m) = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^m \left\{ \frac{\sum_{i=1}^n \varepsilon_p(x_{ki}, r_{ki})}{n \cdot \varepsilon_V} - 1 \right\}^2}{m-1}} \quad (10)$$

алатынымыз:

$$\sigma_A = n \cdot \bar{A}_{HP} \cdot D(n, m) \quad (11)$$

мұндағы n – үлгідегі «ыстық» бөлшектердің саны, ал m – статистикалық сынақтар саны.

Өрнектің оң бөлігіндегі (11) $D(n, m)$ функциясы үлгідегі «ыстық» бөлшектердің салыстырмалы стандартты ауытқу санына пропорционал болуы мүмкін. Өйткені n дискреттік жағдайлардың саны үшін стандартты ауытқудың абсолюттік мәнін бағалау

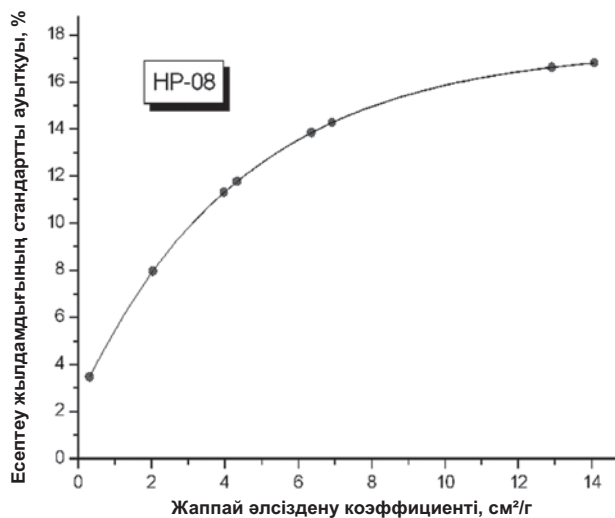
$\sqrt{n}$ тең болса, онда бұл шаманың салыстырмалы мәні $\sqrt{n}/n = 1/\sqrt{n}$ тең болады, яғни $D(n, m)$ $1/\sqrt{n}$ функциясы болады. Өрнек

$$R(\mu) = D(n, m) \cdot \sqrt{n} \quad (12)$$

тек өлшеулердің геометриялық жағдайлар мен үлгінің әлсіздендіруші сипаттамалары (әлсіздендірудің жаппай коэффициенті) функциясы болып табылады.

$R(\mu)$ есептеу үшін қолданыстағы Монте-Карло әдісі мен өрнектермен (1-6) суреттелген, ыстық бөлшектердің n санының түрлі мәндері мен түрлі энергиялар үшін тіркелетін сәулелену үшін есептеудің жылдамдығының стандартты ауытқуын есептеу үшін математикалық формализмді пайдаланатын есептеу бағдарламасы әзірленді. Үлгінің геометриялық параметрлері іс жүзіндегі гамма-спектрометрияда пайдаланылатын стандартты ауытқуға жақын деп таңдап алынды: үлгінің диаметрі – 7,2 см, биіктігі – 2,0 см, үлгінің массасы - 168 г, детектордың жоғарғы бетінен үлгінің төменгі бетіне дейінгі ара қашықтық – 0,8 см.

2-суретте гамма және рентген сызықтардың есептеу жылдамдықтарының стандартты ауытқуының зерттелген үлгілердің ішінде аса белсендісі НР-08 үлгісі үшін олардың әлсізденуінің жаппай коэффициентінен тәуелділігі көрсетілген. Бұл тәуелділік экспоненциалды функциямен жақсы аппроксимацияланады.



2-Сурет. Есептеу жылдамдығы стандартты ауытқуының НР-08 үлгісі үшін жаппай әлсіздену коэффициентінен тәуелділігі

$R(\mu)$ қатынасының аппроксимациясы аз квадраттар әдісімен суреттелген, мұнда аналитикалық өрнек ретінде мына функция пайдаланылды:

$$R(\mu) = y_0 + A_1 \cdot \text{Exp}(-\mu/t) \quad (13)$$

мұндағы y_0 , A_1 және t – жуықтау процесінде бекітілетін эмпирикалық коэффициенттер.

Өрнекті пайдалана отырып (13) және, үлгінің жалпы белсенділігіне бөле отыра (12), аналитикалық параметрдің салыстырмалы стандартты ауытқуы үшін мына өрнекті аламыз:

$$S = \frac{n \cdot \bar{A}_{HP}}{n \cdot \bar{A}_{HP} + A_M} \frac{R(\mu)}{\sqrt{n}} \quad (14)$$

мұндағы $n \cdot \bar{A}_{HP}$ – үлгінің «ыстық» фракциясының белсенділігі; A_M – сынаманың «матрицалық» белсенділігі.

Қатынас
$$R_{HP} = \frac{n \cdot \bar{A}_{HP}}{n \cdot \bar{A}_{HP} + A_M} \quad (15)$$

үлгі белсенділігінің «ыстық» фракциясын анықтайды, яғни A_M нөлге ұмтылғанда, үлгінің барлық белсенділігі ыстық бөлшектердің бар екендігіне және керісінше жоқтығына байланысты.

Соңында, үлгідегі «ыстық» бөлшектердің саны үшін мына өрнекті аламыз:

$$\frac{n}{R_{HP}^2} = \frac{R^2(\mu)}{S^2} \quad (16)$$

Өрнек (16) үлгідегі «ыстық» бөлшектердің белгілі үлесі кезінде олардың санын есептеудің өлшенген жылдамдығын стандартты ауытқуы арқылы бағалауға мүмкіндік береді. $R_{HP} = 1$ (яғни үлгінің барлық белсенділігі «ыстық» бөлшектермен байланысты болғанда) кезінде өрнек бұдан да қарапайымдалады

$$n = \frac{R^2(\mu)}{S^2} \quad (17)$$

«Ыстық» бөлшектердің n санын біле тұра, өрнекті пайдалана отырып (11), бір ыстық бөлшектің орташа белсенділігін есептеуге болады.

Рентгенфлуоресценттік талдау (РФТ)

РФТ әдісімен талдау кезінде SLP10180 үлгідегі Si(Li) белсенді ауданы 80 мм², белсенді қалыңдығы 5,0 мм, 5,9 кэВ-ке 175 эВ рұқсаты мен қалыңдығы 25 микрон Ве кірер қорғаныштық терезесі бар детектор пайдаланылды. Пайдаланылатын РФТ нұсқасында қоздыру көзі ретінде ¹⁰⁹Cd және ²⁴¹Am изотопы қолданылады.

Топырақ фракциялары сынамаларын ²³⁹⁺²⁴⁰Pu және ⁹⁰Sr радиохимиялық талдау

Топырақ сынамаларында плутоний мен стронций изотоптарының құрамын радиохимиялық анықтау негізінде ЯФИ Инженерлік экология зертханасында әзірленген және аттестатталған, 21.11.2005 жылғы Мемтіркеу №KZ.07.00.00471-2005 «Қоршаған орта нысандарында (топырақта, құмдарда, түптік шөгінділерде және өсімдіктерде) плутоний (239+240), стронций-90 жасанды радионуклидтерінің құрамын анықтау әдістемесі» пайдаланылды.

1.2.2 «Ыстық» бөлшектердің бөліну әдістері

Топырақ фракцияларынан «ыстық» бөлшектердің сәйкестендіруіне және бөлінуіне екі альтернативті тұрғы пайдаланылды. Бұл әр ұсынылған әдістің өз қасиеттері мен шектеулерінің бар екендігіне байланысты. Оларды кешенде пайдалану, «ыстық» бөлшектердің бөлінуінің тиімділігін жоғарылата отырып, осы шектеулердің үлкен дәрежеде орнын толтыруға мүмкіндік береді.

Топырақ үлгілерін магнитті және магнитті емес фракцияға бөлу әдісі

Бұрын жүргізілген зерттеулер кейбір аса ластанған телімдерде іріктеп алынған топырақ үлгілерін гранулометриялық бөліну мен магнитті өріспен өңдеу процесінде өзінің құрамында 80–100% америций мен 50–70% плутоний бар бастапқы үлгінің [1] шамамен 10% құрайтын, 0,05–0,5 мм өлшемдері бар бөлшектердің анықталатынын көрсетті. Бұл жағдай сынамадан «ыстық» бөлшектердің үлкен үлесін жеңіл алып шығуға мүмкіндік береді.

Сынаманы магниттік және магниттік емеске бөлу үшін ССП топырақ үлгілерінің автоматтық магнитті сепарация (АМС) қондырғысы әзірленді. Алдын ала қондырғының екі нұсқасы қарастырылды:

- градиенттік магниттік өріс құрайтын электромагнит негізінде (АМС-ЭМ нұсқасы);
- айналатын дискісі бар тұрақты магнит негізінде (АМС-МД нұсқасы).

Модельді үлгілердегі (кварц құмы + ұнтақ темір) және құрамында магниттік фракция (магнетит) бар табиғи құмда қолданыстағы макеттердің жүргізілген сынақтары екі нұсқаның да қойылған міндетті шешімін қамтамасыз ететінін көрсетті. Алайда, айналатын дискісі бар нұсқа энергия тұтынуы 50 Вт жуық аса шағын (тасымалданатын нұсқа) ретінде берілген, бұл электромагнит негізіндегі АМС қарағанда бір есеге аз.

Мәжбүрлі бөліну әдісі

Барлық «ыстық» бөлшектердің магниттік қасиеттерінің бар екендігі, магнит өрісіне сезімтал бөлшектердің барлығының «ыстық» болатыны, сондай-ақ соңғы сезімталдылық арқасында магниттік сепарация әдісінің топырақ фракцияларынан белсенді бөлшектердің бөліну кезінде шектеулі мүмкіншіліктері бар. Сондықтан «ыстық» бөлшектерді іздеу, бөлінудің міндеттерін шешу және топырақ сынамасында «ыстық» бөлшектердің таралуының сандық сипаттамасы туралы шынайы нәтиже алу үшін 100 % жақын тиімді тіркеуі бар сондай бөлшектерді анықтаудың өнімділігі жоғары қосымша әдістеме талап етіледі. Осы мақсатта ^{239}Pu ядроларының жылу нейтрондарымен бөліну қалдықтарының қатты денелі детекторлармен тіркеуіне негізделген мәжбүрлі бөліну әдісінің жетілдірілген нұсқасы әзірленді. Бұрын мұндай көзқарас ^{235}U және ^{239}Pu төмен шоғырлануларын өнеркәсіптік және геологиялық сынамаларда анықтау үшін, сондай-ақ Чернобыльдағы АЭС-ғы апаттың зардаптарын бағалау үшін пайдаланылды.

^{239}Pu ($\sigma_f = 742,5$ Барн) үлкен бөліну қимасы және оның «ыстық» бөлшектердегі жоғары тиесілі белсенділігі жылу нейтрондарының салыстырмалы азғантай ағыны $\sim 10^9\text{--}10^{10}$ н/(см²с) кезінде өлшеулер жүргізуге мүмкіндік береді. Мұндай ағындарды алу үшін ЯФИ изохронды циклотрон У-150 базасында әзірленген жылу нейтрондарының

генераторын пайдалану жеткілікті. Нейтрондар бұл жағдайда ${}^9\text{Be}$ (p, xn) немесе ${}^9\text{Be}$ (d, xn) ядролық реакциялар нәтижесінде пайда болады.

Топырақтар фракциясы шынайы сынамаларын сәулелендіру кезінде детекторлар ретінде кварц шынысы пайдаланылды. Бұл кезде жабысқақ лентаның көмегімен сынамалар нысана төсеміне жағылып, детектормен жабылды. Сәулеленуден кейін, тректерді бөліну қалдықтарынан анықтау үшін 35 % балқымалы қышқылмен уландырылды.

Детекторларды тексеру МБИ-9 микроскопында 70-еселік үлкейту кезінде барлық алаң бойынша жүргізілді.

Көзбен шолу арқылы сәйкестендіру әдісі

Көзбен шолу арқылы сәйкестендіру әдісі сондай-ақ «ыстық» бөлшектер бөлінуінің кемшіліксіз емес тәсілі болып табылады. Оның бірқатар кемшіліктері бар:

1. Бұл жағдайда «ыстық» бөлшектердің бөлінуі трансуранды элементтердің бөліну өнімдерін детектрлеуге негізделген (α -бөлшектер және ауыр ядролар). Заттектегі бөліну өнімдерінің біраз қозғалысын (бірнеше микрон) ескере отырып, «ыстық» бөлшектерді сәйкестендіру тек нысанның жербеткі облысында белсенділіктің бар жағдайында ғана мүмкін болады.
2. Бөліну қалдықтарының детектрмен тіркелетін көзі болып тек ${}^{235}\text{U}$ және ${}^{239}\text{Pu}$ ғана емес, табиғи тұрақты изотоп ${}^{238}\text{U}$ болуы да мүмкін. Жер қыртысындағы ${}^{238}\text{U}$ табиғи таралуы $2,4 \cdot 10^{-4} \%$ құрайтынын ескере отырып, ол қосымша аяға генерация жасайды, осылайша әдістеменің сезімталдығын төмендетеді.
3. Алдыңғы зерттеу деректері көрсеткендей [1], ССП-да құрамында трансуранды элементтері жоқ «ыстық» бөлшектер бар. Олардағы белсенділік көздері ${}^{137}\text{Cs}$, ${}^{60}\text{Co}$ және ${}^{152}\text{Eu}$ изотоптары болып табылады. Бұл жағдайда міндеттерді шешу үшін мәжбүрлі бөліну әдісін пайдалану қиын болады.
4. Бөліну қалдықтарынан тректер талдауының қиындығын және ұзақтығын ескере отырып, топырақ сынамасы материалының тек аз ғана бөлігі үшін мәжбүрлі бөліну әдісі жобасының шеңберінде зерттелуі мүмкін.

Мәжбүрлі бөліну әдісінің шектеулері жоғарыда көрсетілген кемшіліктері жоқ, «ыстық» бөлшектерді бөлуге арналған баламалы тұрғыны әзірлеу қажеттілігіне әкелді. Көзбен шолу арқылы сәйкестендіру әдісі осындай балама қызметін атқаруы мүмкін.

Көзбен шолу арқылы сәйкестендіру әдісі «ыстық» бөлшектердің сыртқы түрі топырақтың типтік бөлшектерінің сыртқы түрінен ерекшелінуі қажет деген болжамға негізделген, бұл жоғары температура мен қысым жағдайында «ыстық» бөлшектердің қалыптасуына байланысты. Шындығында, топырақтар фракцияларын алдын ала тексеру топырақ үшін сыртқы түрінің тұрғысында тән емес бөлшектердің бар екендігін көрсетті. «Ыстық» бөлшектердің осылайша бөлінуіне дейін және одан кейін фракциялардың белсенділігіне талдау фракциялардың белсенділігінің үлкен бөлігі нақты осы бөлшектерде шоғырланған деген қорытынды жасауға мүмкіндік берді – бөлшектер бөлінгеннен кейінгі фракцияның белсенділігі бөлінуге дейін бірнеше есе аз болды.

«Ыстық» бөлшектерді көзбен шолу арқылы сәйкестендірудің әзірленген әдісінің көрінетін қасиеті – қарапайымдылық пен қол жетімділік. Әдіс қосымша аппаратураны қажет етпейді. Бөлшектерінің өлшемдері 0,5 мм кем емес гранулометриялық фракцияларды зерттеу үшін оптикалық микроскоп пайдаланылуы мүмкін. Көзбен шолу арқы-

лы сәйкестендіру әдісі мәжбүрлі бөліну әдісіне қарағанда аса экспрессивті, бұл үлкен көлемді материалды зерттеуге және соның салдарынан «ыстық» бөлшектер рөліне ұмтылған бөлшектердің үлкен мөлшерін бөлуге мүмкіндік береді.

Әдістің шектелуі «ыстық» бөлшектердің бірегейлігі туралы бастапқы болжамға байланысты. Бұл, алайда, әрқашан әділ емес, ол бөлшектердің мәжбүрлі шығынына әкеледі. «Дегелең» алаңында іріктеп алынған үлгілердің бөлшектерінің осы тәсілмен бөліну үшін аса қолайсыз. Бұл топырақтың «ыстық» бөлшегі мұнда ядролық жарылыстардың нәтижесінде емес, супайда болулары бар штольнялардан аққан сумен шығарылған белсенділікті сіңіру немесе тұндыру салдарына байланысты. Сондықтан бұл жағдайда «ыстық» бөлшектердің белсенділіктер тұнатын табиғи нысандарының (топырақ бөлшектері, өсімдік сабақтары, тамырлары және т.с.с.) формалары бар.

1.2.3 «Ыстық» бөлшектердің қасиеттерін зерттеу әдістері

Элементтердің құрылымын, фазалық құрамын және таралуын зерттеу үшін «ыстық» бөлшектердің электрондық және протондық микроскопия, масс-спектрометрия және рентгенқұрылымдық талдау әдістері пайдаланылды.

γ -спектрометрия және α -спектрометрия әдістері бөлінген «ыстық» бөлшектердің белсенділігін талдау үшін пайдаланылды.

«Ыстық» бөлшектердің масс-спектрометриясы

Қазіргі кезде масс-спектрометрия жоғары сезімталдылығының арқасында уран мен плутонийдің изотопты қатынастарын өлшеудің іс жүзінде жалғыз әдісі болып табылады [7–10].

Радионуклидтердің аз шоғырлануын өлшеу, әдетте, шекті жоғары сезімталдылығы бар масс-спектралды аппаратураны құруды талап етеді [10, 11], жиі сериялы шығарылатын құралдар үшін қол жетімді емес. Нысандардың изотопты құрамын талдау кезінде ҚР ҰЯО Ядролық физика институтында әзірленген масс-спектрометриялық қондырғы пайдаланылды [12, 13]. Бұл қондырғыда жоғары сезімталдылыққа призмалық иондық оптиканың жаңа ауытқушы және фокустаушыны пайдалану негізінде шоғырдың фокустау сапасын жетілдіру жолымен қол жеткізіледі [14]. «Ыстық» бөлшекті зерттеу плутонийдің изотоптық қатынастарын өлшеудің әзірленген және аттестатталған термоионизациялық масс-спектрометрия әдістемесін пайдалану арқылы жүргізілді. Анықталғандай, бұл әдістемені пайдалану кезінде изотоптық талдауды жүргізу үшін плутоний бойынша «ыстық» бөлшектердің белсенділігі 10^{-2} – 10^{-3} Бк жуық болды, бұл осы түрдегі өлшеулер үшін шекті сезімталдылық деңгейінде тұрғандығы жеткілікті [7, 8].

Жүргізілген зерттеулер қолданылатын масс-спектралды аппаратураны ұсақ «ыстық» бөлшектерде радионуклидтердің изотопты құрамын олардың ұсақ абсолюттік белсенділігіне (10^{-3} Бк дейін) қарамастан зерттеу кезінде тиімді пайдалануға болатынын көрсетті.

Электрондық және протондық микроскопия

Екі әдіс те микронды және субмикронды өлшемдер үлгілерінің облыстарының элементті құрамы туралы ақпарат алуға негізделген. Бірінші жағдайда бұл мақсат үшін 40 кэВ энергиясы және 50 нм дейінгі кеңістіктік рұқсаты бар электронды шоғырды алу-

ға мүмкіндік беретін JEOL электронды микроскоп пайдаланылды. Протонды микроскопия УКП-2-1 үдеткіште дамытылды, бұл жағдайда 1,5 кэВ энергиясы және ~10 мкм дейінгі кеңістіктік рұқсаты бар протонды шоғырды пайдаланылды. Зерттеліп жатқан үлгінің беті бойынша электронды немесе протонды шоғырды сканерлеу элементтердің таралу картасын алуға мүмкіндік береді.

«Ыстық» бөлшектердің бетін зерттеуден басқа элементтердің тереңдік бойынша таралуына талдау жасалды. Бұл мақсатта жекелеген бөлшектерді бекіту және тазарту әдістемесін өңдеу жүргізілді.

Гидростатикалық өлшеу әдісі

«Ыстық» бөлшектердің тығыздығын өлшеу үшін гидростатикалық өлшеу әдісі пайдаланылды.

Зерттеліп жатқан нысанның тығыздығы формула бойынша табылады:

$$\rho_T = M_1 / (M_1 - M_2) \cdot (\rho - D) + D,$$

мұндағы: M_1 – дененің ауадағы салмағы,

M_2 – дененің судағы салмағы,

ρ – нақты температура кезіндегі сұйықтықтың тығыздығы,

D – ауаның орташа тығыздығы (0,0012 г/см³).

«Ыстық» бөлшектердің массасын өлшеу ВЛР-20 (бөлу бағасы 0,005 мг) таразысын пайдалану арқылы жүргізілді.

«Ыстық» бөлшектерді сілтілендіру

Аэрозолдарда, «ыстық» бөлшектердің түсулерінде және топырақтарда радионуклидтер мен химиялық элементтерді анықтау формаларын зерттеу үшін қатты фазаны түрлі реагенттермен біртіндеп өңдеу кезінде қосылыстарды селективті ерітуге негізделген бөліп сілтілеу әдісі пайдаланылды.

Биогеохимиялық және радиоэкологиялық формаларының құрамдарын анықтау үшін аса жиі қолданылатыны - сілтілеу сұлбасы, ол кезде суерігіш, ауыспалы, қозғалмалы, қышқылерігіш және тығыз байланысқан формалар бөлінеді (бір жарым қышқылдармен, органикалық заттеппен және аморфтық кремнийлі қышқылмен байланыстыларды қоса отыра).

Су сығындысына иондық құрамда қатты фазада тұрған және ерігіш кешенді қосылыстар құрамында тұрған радионуклидтер өтеді. Ауыспалы және жеңіл қозғалмалы формадағы радионуклидтер санын 1М ацетатты-аммиакты буфермен өңдеу арқылы бөледі, бұл кезде иондық ауысу механизмі бойынша қатты фазамен байланысқан радионуклидтер шығарылады. 1М тұзды қышқыл сығындыға радионуклидтердің қозғалмалы формалары өтеді, яғни көбінесе ауыспалы емес қалыпта тұрған және қалыпты жағдайда табиғи ортада топырақ ерітінділеріне өтпейтін, бірақ түсудің тамырлық жолы кезінде өсімдіктермен сіңірілуге қабілеттілер өтеді. Стронций мен плутонийдің радионуклидтерінің қышқылергіш формаларын 6М тұз қышқылы мен тиісінше 7.5М азот қышқылының экстракциясымен алады.

Радионуклидтердің тығыз байланысқан формаларына олардың жоғарыда айтылған реагенттердің қатты фазаларымен өңделгеннен кейінгі қалған бөлігі жатады. Бұл топырақ минералдарының кристалл торшаларымен сіңірілген, топырақтың орга-

никалық бөлігімен, бір жарым қышқылдармен және аморфтық кремнийлі қышқылмен қайтпастай сіңірілген радионуклидтер. Қышқылерігіш және тығыз байланысқан формалар қалыпты жағдайда өсімдіктер үшін қол жетпейді, бірақ олар ықтимал-қозғалмалы формалар болып табылады, өйткені уақыт өте келе олар ұтқыр формаға өтуі мүмкін, оған кешен түзуші күшті лигандар (қымыздық, лимон, сүт және басқа қышқылдар) болып табылатын өсімдік пен топырақ микрофаунасының қалдықтарының өмір сүру өнімдері мен ыдырау қалдықтары әсер етеді.

2 НӘТИЖЕЛЕР ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ТАЛҚЫЛАУ

2.1. Топырақ үлгілерін және олардың жеке фракцияларын зерттеу

2.1.1. Сынамаларды дайындау, кварталау, үлгілердің кварттаудан кейінгі гамма-спектрометриялық талдауы

Экспедициялық жұмыстардың шеңберінде іріктеп алынған топырақтың 20 үлгісі 110 °C температурада 4 сағат ішінде кептіргіш шкафта кептірілді, және ұсақ тастар мен өсімдік тамырларының қалдықтарынан тазартылды. Бұдан соң арнайы полиэтилен банкаға салынған үлгілер материалдың гомогенизациясы үшін 3 сағат ішінде мұқият араластырылды. Араластыру сынаманың фракциялық құрамы сақталуы үшін қолмен жүргізілді.

Топырақтың әр сынамасының барлық көлемі кварттау арқылы кіші үлгілерге бөлінген (әр сынама үшін 7 кіші үлгіден). Әр кіші үлгі үшін аспаптық радионуклидтік талдауды пайдалана отыра радионуклидтік құрамына талданды.

Сынамалар талдауының нәтижелері 3-кестеде берілген. Төмендегі 3-кестеде берілген дәлсіздік кіші үлгілердің белсенділіктеріндегі шоғырларға байланысты статистикалық дәлсіздік пен белгісіздіктен құралады.

3-Кесте.

ССП сынамаларындағы радионуклидтердің құрамы

Сынама	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu, Бк/г	²⁴¹ Am, Бк/кг	¹³⁷ Cs, к/кг	⁶⁰ Co, Бк/кг	¹⁵² Eu, Бк/кг	¹⁵⁴ Eu, Бк/кг	¹⁵⁵ Eu, Бк/кг
HP-01	3,69 ± 1,1	453 ± 136	79,6 ± 8,0	< 3	< 2	< 1,8	< 2
HP-02	1,63 ± 0,29	97,3 ± 17,2	707 ± 129	< 1,1	6,4 ± 1,2	< 1,2	3,7 ± 0,5
HP-03	2,94 ± 1,82	122 ± 38	260 ± 174	< 5	13 ± 3	< 3	8 ± 2
HP-04	11,1 ± 1,9	1190 ± 212	962 ± 60	< 5	158	7 ± 3	10 ± 2
HP-05	3,16 ± 1,39	136 ± 27	172 ± 42	< 2	14 ± 3	< 2	< 2
HP-06	1,32 ± 0,22	105 ± 12	443 ± 59	< 3	4 ± 2	< 2	2,6 ± 0,4
HP-07	0,54 ± 0,12	25,8 ± 2,3	507 ± 14	< 4	< 3	< 3	1,3 ± 0,8
HP-08	13067 ± 744	1748310 ± 99654	2300 ± 129	86 ± 9	1510 ± 70	< 13	< 9
HP-09	11,28 ± 1,23	839 ± 112	1130 ± 87	194 ± 13	4500 ± 45	181 ± 1,9	< 10
HP-10	46,9 ± 2,4	2400 ± 161	21000 ± 600	83 ± 8	2500 ± 80	92 ± 5	46 ± 9
HP-11	11,2 ± 1,4	1040 ± 130	12100 ± 460	4000 ± 400	7600 ± 700	3600 ± 360	67 ± 9
HP-12	< 0,39	20,9 ± 2,4	540 ± 20	91 ± 10	198 ± 15	83 ± 5	
HP-13	18,12 ± 1,20	2010 ± 120	1880 ± 96	10 ± 4	34 ± 5	6 ± 3	3,7 ± 1,0

Сынама	$^{239+240}\text{Pu}$, Бк/г	^{241}Am , Бк/кг	^{137}Cs , к/кг	^{60}Co , Бк/кг	^{152}Eu , Бк/кг	^{154}Eu , Бк/кг	^{155}Eu , Бк/кг
НР-14	$1,14 \pm 0,45$	143 ± 37	247 ± 76	< 3	8 ± 2	$< 1,9$	2 ± 1
НР-15	$< 0,35$	$2,8 \pm 1,6$	106 ± 9	< 3	4 ± 2	$< 1,4$	< 3
НР-16	514 ± 99	42300 ± 8400	135 ± 3	< 3	4 ± 2	$< 1,4$	< 3
НР-17	$< 3,6$	128 ± 14	302000 ± 16300	< 16	< 44	< 32	< 42
НР-18	< 12	< 87	4490000 ± 67000	< 48	< 164	< 136	< 155
НР-19	$16,0 \pm 1,2$	583 ± 53	4790 ± 90	< 21	< 16	< 13	< 16
НР-20	$< 0,20$	$< 1,2$	49 ± 5	< 3	< 3	< 2	$1,8 \pm 1,0$

$^{239+240}\text{Pu}$ және ^{241}Am бойынша аса белсенділері болып гидроядролық жарылыс (НР-08) жүргізілген орында және «Дегелең» алаңы 139 штольняның портал алдында (НР-16) іріктеп алынған сынамалар саналады (НР-16). ^{137}Cs ауытқымалы жоғары құрамдары сынамалар НР-10 – ядролық жарылыс және НР-17, НР-18 – «Дегелең» алаңы 609 штольняда анықталды. ^{60}Co , ^{152}Eu және ^{154}Eu рекордтық құрамы сынама НР-11 – «Балапан» алаңы «Атом» көлінде байқалған. ^{152}Eu және ^{154}Eu изотоптарының жоғары құрамы сондай-ақ сынамалар НР-10 және НР-09 (аралас жарылыс) байқалады.

^{241}Am жартылай ыдырау кезеңі 14,35 жыл болатын ^{241}Pu β -ыдырау өнімі болып табылады, ол өз кезегінде ^{240}Pu -дан реакция (n, γ) арқылы жасалады. Жартылай ыдыраудың үлкен кезеңдері (6564 және тиісінше 24110 жыл) бар ^{239}Pu және ^{240}Pu құрамы ССП сынақтардан өткен уақыт ішінде ыдырау есебінен көлемді сандық өзгерістері болған жоқ. 432 жылдық жартылай ыдырау кезеңі бар ^{241}Am құрамы сондай-ақ бұл уақыт ішінде көп азайған жоқ. Сонымен, $^{239+240}\text{Pu}/^{241}\text{Am}$ қатынасы ядролық сынақ жасының көрсеткіші болып табылады.

3-кесте негізінде «Дегелең» алаңы 177 штольнясында (сынама НР-19) жүргізілген ядролық сынақ аса «жас» жарылыс болып табылады деген қорытынды жасауға болады. Ол үшін $^{239+240}\text{Pu}/^{241}\text{Am}$ қатынасы 26,8 құрайды. Бұл қатынас сынама НР-08 үшін 7,47 құрайды, сондықтан «П-2» алаңындағы гидроядролық жарылыс барлық зерттеліп жатқан ядролық сынақтардың ішіндегі ең «ескісі» болып табылады. Ондай қорытындылар, алайда, әр түрлі сынақтар кезінде пайдаланылатын ядролық зарядтардың изотопты құрамын сәйкестендіру болжамына ғана жасалуы мүмкін, бұл кейде дұрыс болмауы да мүмкін.

3-кестенің деректері сынамалардың белсенділіктері тұрғысынан алғанда γ -, β -және α - аялар деңгейлерінің сынамаларды іріктеп алуды жүргізу кезінде өлшенген нәтижелерімен жақсы түзетіледі (2-кесте).

2.1.2. Сынамалардың гранулометриялық және магниттік фракциялар бойынша бөлінуі

Топырақ сынамаларын гранулометриялық фракцияларға бөлу үшін елеушінің өлшемдері 1.25, 0.50, 0.28, 0.112 және 0.040 мм болатын «FRITSCH» фирмасының «Analysette-3» дірілдек-сепкіш қозғалтқышында дымқыл себу әдістемесі пайдаланылды. Әр тәжірибеден соң елеуіш «FRITSCH» фирмасының «Laborette 17» ультрадыбыстық ваннасында жуылды.

Топырақ үлгілерін фракцияларға бөлу үшін дымқыл себудің стандартты әдістемесі пайдаланылды. Топырақтың әлсіз белсенді сынамаларының жоғарыбелсенділермен ластануының мүмкіндігін азайту үшін бірінші болып аз белсенді үлгілер себілді.

Сынамалардың гранулометриялық сепарациясынан соң алынған кіші үлгілер жоғарыда суреттелген әдістемеге сәйкес магниттік және магниттік емес құрамдастарға бөлінді.

4-кестеде топырақтардың гранулометриялық және магниттік фракцияларының жаппай шығуының деректері келтірілген. Ары қарай мәтінде $f > 1,25$ мкм гранулометриялық фракциясы фракция 1 ретінде, фракция $1,25 > f > 0,5$ мкм – фракция 2, фракция $0,5 > f > 0,28$ мкм – фракция 3, фракция $0,28 > f > 0,112$ мкм – фракция 4, фракция $0,112 > f > 0,04$ мкм – фракция 5 және фракция $0,04 > f$ мкм – фракция 6 ретінде белгіленеді.

4-Кесте.

ССП топырақ сынамалары фракцияларының дымқыл себу бойынша массалық шығуының деректері

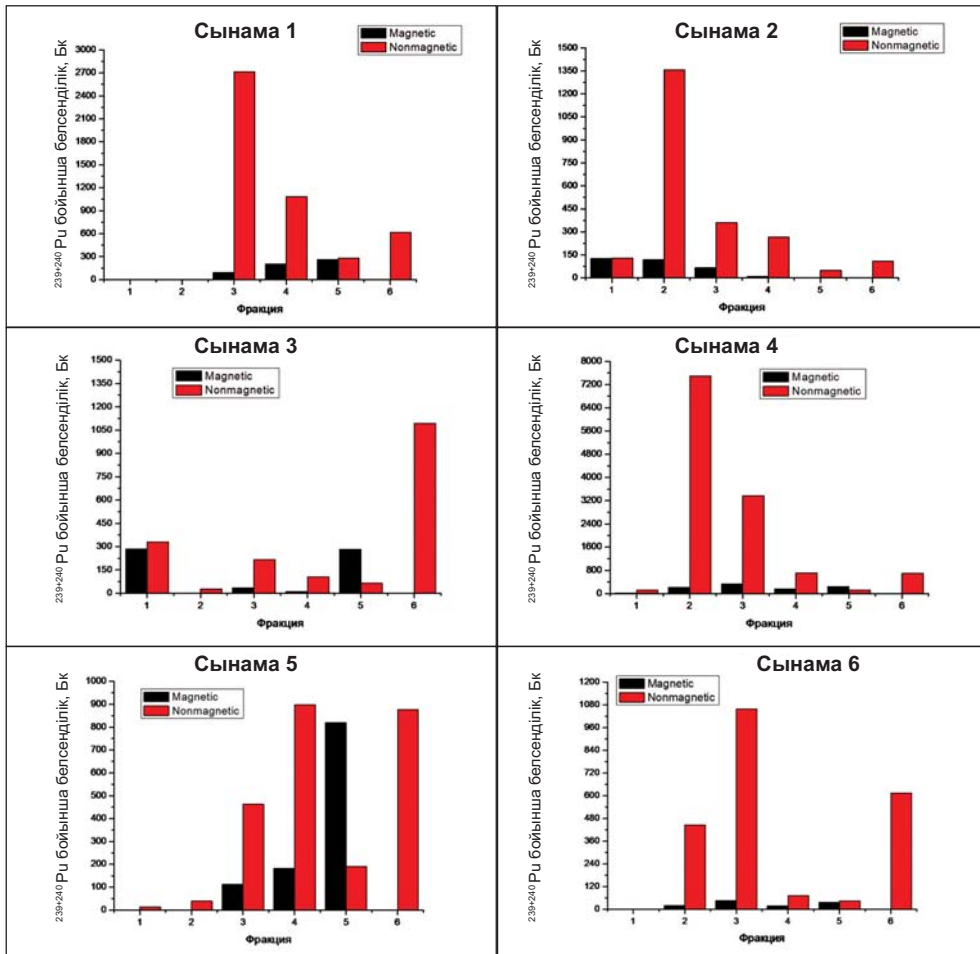
Сынама	Фракциялардың массалары, граммдар											Сынаманың жалпы массасы
	f > 1,25 мм		1,25 мм>f> 0,5 мм		0,5 мм >f> 0,28 мм		0,28 мм >f> 0,112 мм		0,112 мм >f> 0,04 мм		0,040 мм >f	
	Магниттік	Магниттік емес	Магниттік	Магниттік емес	Магниттік	Магниттік емес	Магниттік	Магниттік емес	Магниттік	Магниттік емес		
HP 01	60	340	9	308	2	118	2	110	5	96	472	1522
HP 02	50	226	10	115	12	62	5	117	5	91	497	1190
HP 03	59	289	8	147	10	70	7,5	91	8,5	80	231	1001
HP-04	31	131	7	243	4	189	6	194	4	87	283	1179
HP 05	161	79	57	324	18	105	16	111	11	66	150	1098
HP 06	68	290	7	139	17	74	17	106	10	64	226	1018
HP 07	1	126	11	95	18	56	15	81	6	86	418	913
HP-08	44	186	7	230	2	113	4	109	5	82	296	1078
HP-09	46	185	7	235	25	133	13	131	6	61	213	1055
HP-10	30	108	4	189	1	134	5	155	4	89	172	891
HP-11	37	229	2	250	1	113	3	122	1	86	287	1131
HP 12	10	99	6	137	10	92	1	203	0	208	509	1275
HP-13	16	116	2	152	6	65	2	100	1	84	495	1039
HP 14	50	118	33	247	15	153	42	166	28	111	472	1435
HP 15	69	217	112	168	83	98	59	185	27	133	481	1632
HP-16	12	77	3	126	1	46	1	88	4	169	157	684
HP-17	44,5	41	4	70	2	38	1,5	54	4	56	67	385
HP-18	28	14,5	3	48	0,5	38	0	57	2	67	63	321
HP-19	7	95	2	118	3	27	0	40	0	91	397	780
HP 20	39	92	6	214	13,5	44	8,5	54	2	104	234	821

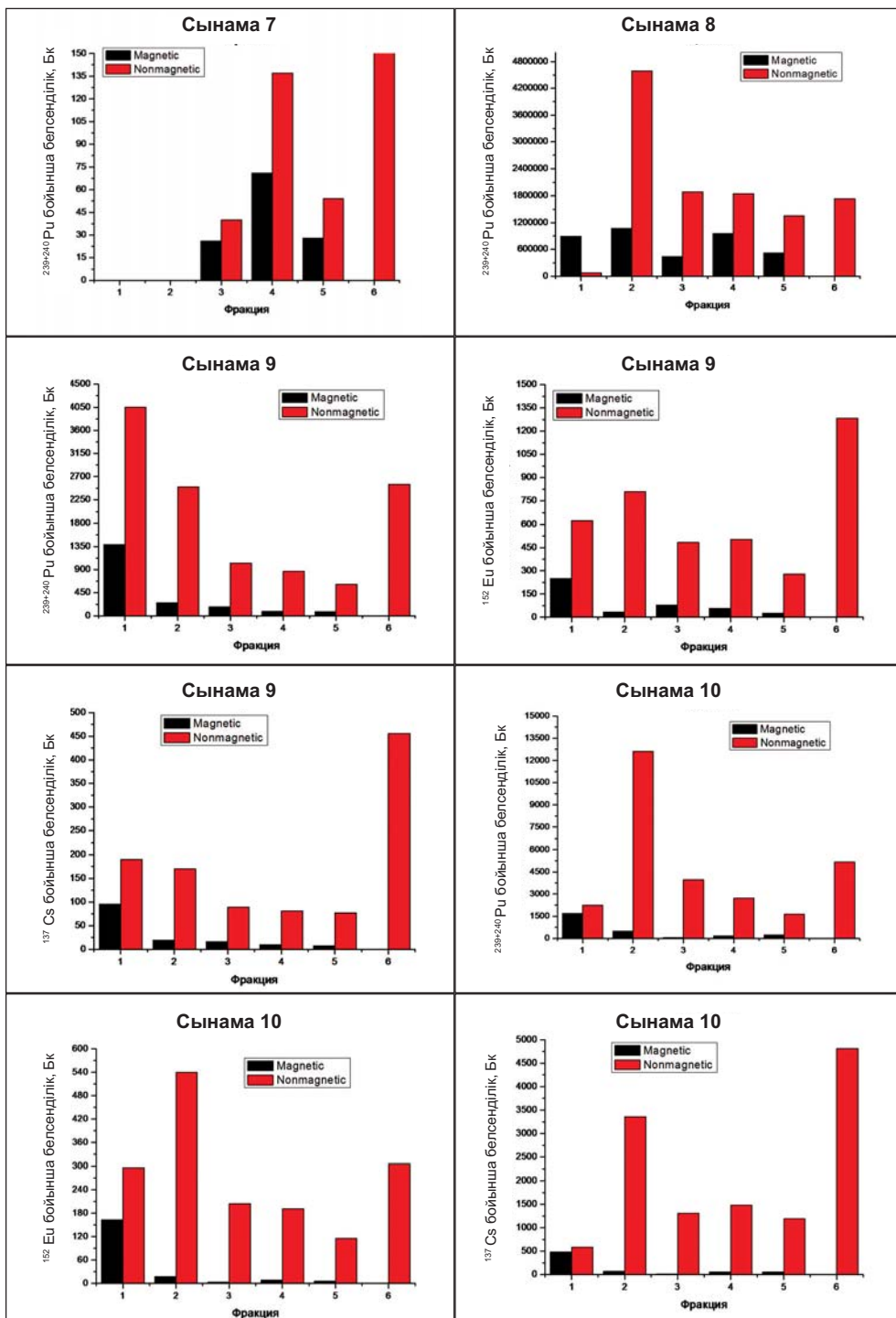
4-кестеден көргеніміздей, көптеген сынамалар мен фракциялар үшін материал негізін магниттік емес фракция құрайды. Кейбір сынамаларда магниттік фракция мүлдем жоқ. Оған жатпайтыны сынамалар НР-05, НР-17 және НР-18 алғашқы фракциялары, мұнда сынама материалының үлкен бөлігі магниттік фракцияда шоғырланған.

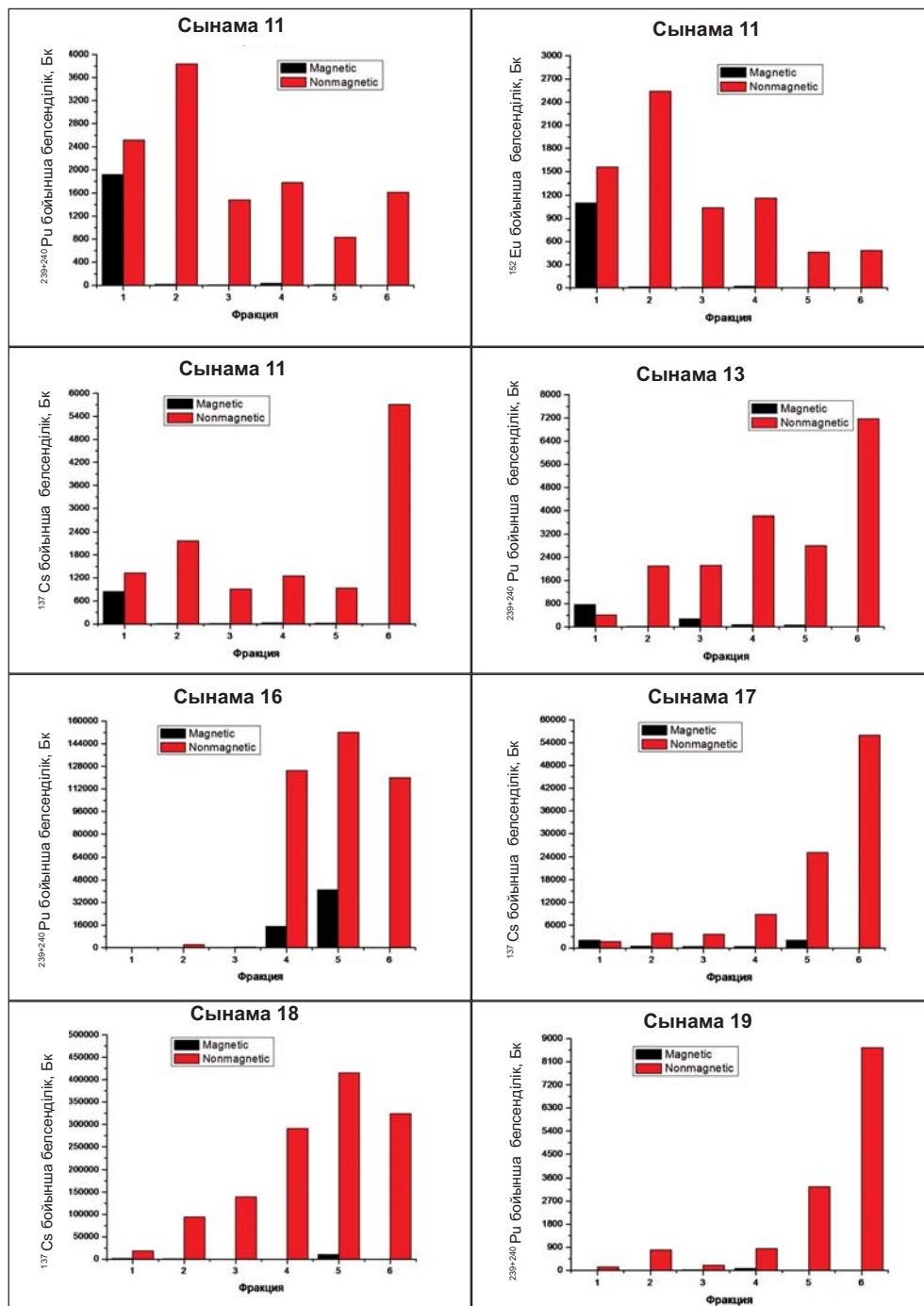
Алтыншы гранулометриялық фракция магниттік және магниттік емес құрамдас-тарға бөлінген жоқ.

2.1.3. Топырақ фракциясының гамма-спектрометриялық талдауы

Жоғарыда суреттелген әдістемеге сәйкес, топырақтар фракцияларының гамма-спектрометриялық талдауы орындалды. Талдау кезінде ^{241}Am , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{152}Eu , ^{154}Eu және ^{137}Cs изотоптарының құрамы аналитикалық параметрлер болды. Абсолюттік белсенділіктердің алынған фракциялар бойынша таралуы график түрінде 3-кестеде берілген. Сынама Н-12 үшін талдау ^{241}Am , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{152}Eu изотоптары үшін ғана магниттік және магниттік емес фракцияларына бөлінбей жүргізілді.







3-Сурет. Гранулометриялық фракциялар бойынша сынамалар белсенділігінің таралуы

Сынаманы іріктеп алу жеріне байланысты белсенділіктердің фракциялар бойынша таралуының келесідей ерекшеліктері анықталады:

«Тәжірибе даласы» оңтүстік-шығыс және оңтүстік-батыс іздері (сынамалар НР-01-НР-07)

Сынамалар, оның ішінде аялықтар да (НР-01-НР-03) өздерінің радионуклидті құрамдары бойынша ұқсас. $^{239+240}\text{Pu}$ бойынша белсенділік 540 Бк/кг (НР-07)-ден 11 100 Бк/кг (НР-04) дейінгі диапазонда өзгереді. Сынама белсенділігінің жарылыс эпицентрына дейінгі ара қашықтыққа тәуелділігі байқалады. Әдеттегідей, белсенділіктің үлкен үлесі магниттік емес фракцияда шоғырланған, бұл бәрінен бұрын магниттік және магниттік емес фракциялар массаларының арақатынасымен анықталады.

Аса белсенді сынама НР-04 (эпицентрден 1,2 км оңтүстік-шығыс ізі) үшін плутоний бойынша максимум белсенділік екінші гранулометриялық фракцияда шоғырланған (сынаманың жалпы белсенділігінің 57 %). Эпицентрден алыстаған сайын (сынама НР-05 – жарылыс эпицентрынан 10 км-де) максимум белсенділік аса ұсақ гранулометриялық фракциялар 4, 5 және 6 облысына ауысады. Ұқсас жағдай оңтүстік-батыс із сынамасы үшін байқалады. Егер сынама НР-06 (эпицентрден 8 км) үшін максимум белсенділік 3 фракцияға сәйкес келсе (сынаманың жалпы белсенділігінің 47 %), онда сынама НР-07 (эпицентрден 16 км) үшін аса белсендісі 4 және 6 фракциялар болады. Өйткені ұсақ фракциялар үлкен дәрежеде желмен тасымалдануға ұшыраған, эпицентрден алыстаған сайын бәрінен жақын эпицентралды облыстар аудандарынан келтірілген белсенділік үлкен рөл атқарады.

Телім «П-2» (сынамалар НР-08-НР-10)

Сынама НР-08 (гидродролық жарылыстың эпицентралды облысы) $^{239+240}\text{Pu}$ изотоптары (орташа тиесілі белсенділік 13067000 Бк/кг) бойынша іріктеп алынған сынамалардың ішінен ең белсендісі болып табылады. Максимум белсенділік екінші гранулометриялық фракцияға келеді (сынаманың жалпы белсенділігінің 37 %). Қалған фракциялар үшін белсенділіктер шамамен тегіс тараған. ^{137}Cs сынамасы бойынша максимум абсолюттік белсенділігі 6 (34 %) және 2 (32 %) фракцияға, ал ^{152}Eu бойынша – 2 фракцияға келеді – сынаманың жалпы белсенділігінің 41 %. Фракциясының 6-дан басқа плутоний мен цезийдің фракциялар бойынша таралуында түзетудің жоғары дәрежесі байқалады (түзету коэффициенті 0,987). Түзету коэффициенттерін есептеп шығару кезінде ORIGIN бағдарламасы пайдаланылды.

Ядролық жарылыс жүрген орында іріктеп алынған сынама НР-10 үшін ұқсас жағдай байқалады. Плутоний бойынша максимум белсенділік сондай-ақ екінші фракцияға келеді (сынаманың жалпы белсенділігінің 42 %), бірақ сынама НР-10 тиесілі белсенділігі сынама НР-08 белсенділігінен 279 рет төмен. Сынама НР-10 П-2 телімінде іріктеп алынған барлық үлгілердің ішінен цезий бойынша (21000 Бк/кг) ең жоғары тиесілі белсенділік және ^{152}Eu бойынша ең жоғары (2500 Бк/кг) белсенділігі бар. Цезий бойынша максимум абсолюттік белсенділік 6 (36 %) және 2 (26 %) фракцияға, ал европий бойынша – екінші (30 %) және бірінші (25 %) фракцияға келеді. Плутоний мен европийдің фракциялар бойынша және 6 фракциядан басқа плутоний – цезий жүйесі үшін (түзету коэффициенті 0,953) таралуында жоғары түзету дәрежесі байқалады (тү-

зету коэффициенті 0,929). Бұл осы изотоптардың пайда болуының жалпы табиғатын көрсетеді.

Аралас жарылыс жүрген орында іріктеп алынған сынама НР-09 тиесілі белсенділігі сынама НР-08 үшін ұқсас көрсеткішінен үш есеге аз. Бұл сынама үшін плутоний бойынша аса белсендісі бірінші гранулометриялық фракция (сынаманың жалпы белсенділігінің 40 %). Сол уақытта үш сынама НР-09 үшін ең белсендісі ^{152}Eu бойынша алтыншы гранулометриялық фракцияға келетін (29 %) максимум абсолюттік белсенділік болып табылады. Дегенмен, бірінші және екінші фракцияның да салыстырмалы белсенділіктері бар (20 % және тиісінше 19 %). Сондай-ақ сынама НР-08 үшін сияқты сынама НР-10 үшін де, 6 фракциядан басқа, плутоний мен цезийдің белсенділіктерінің фракциялар бойынша таралуында цезий (түзету коэффициенті 0,948) мен европий фракцияларында (түзету коэффициенті 0,947) түзетудің жоғары дәрежесі байқалады.

Сонымен, сынамалар НР-08, НР-09 және НР-10 іріктеп алу жерлерінде жүргізілген жарылыстардың әр түрлі табиғатына және белсенділіктердегі үлкен айырмашылықтарға қарамастан, $^{239+240}\text{Pu}$, ^{152}Eu және ^{137}Cs изотоптары белсенділіктерінің гранулометриялық фракциялар бойынша таралуы европий мен плутоний үшін ірі фракцияларға келетін (1 және 2) максимумға іс жүзінде ұқсас болып табылады. Цезий бойынша осы сынамалардың белсенділіктерінің үлкен үлесі ірі фракциялардан басқа сынамалардың ең ұсақ бөлігінде – алтыншы фракцияда шоғырланған. Барлық үш сынама үшін плутоний мен цезийдің белсенділіктерінің фракциялар бойынша таралуында түзетудің жоғары дәрежесі байқалады, бұл осы изотоптардың пайда болуының жалпы табиғатына нұсқайды. Белгілі болғандай, цезий бойынша сынамалардың алты фракциясының белсенділіктерінің бір бөлігі енгізілген болып табылады. ^{152}Eu $^{239+240}\text{Pu}$ және ^{137}Cs изотоптарымен байланысы барлық сынамада тегіс байқалмайды.

«Атом көлі» (сынамалар НР-11, НР-12)

Сынама НР-11 тән ерекшелігі – ^{152}Eu (7600 Бк/кг) изотопы бойынша оның жоғары тиесілі белсенділігі – барлық іріктеп алынған сынамалардың ең жоғарысы болып табылады. Сынамадағы $^{239+240}\text{Pu}$ және ^{137}Cs құрамы рекордтық емес, бірақ жеткілікті жоғары (11 200 және тиісінше 12 100 Бк/кг). Плутоний мен европий бойынша максимум абсолюттік белсенділік ірі гранулометриялық фракцияларға келеді: бірінші фракцияда плутоний бойынша сынама белсенділігінің 32 %, европий бойынша 32 % шоғырланған, ал екінші фракцияда – плутоний бойынша 28 % және европий бойынша 30 % шоғырланған. Цезий бойынша аса белсендісі алтыншы фракция (сынама жалпы белсенділігінің 43 %). $^{239+240}\text{Pu}$, ^{137}Cs және ^{152}Eu изотоптарының фракциялары бойынша таралуында өте жақсы түзету байланыстары байқалады. Түзету коэффициенттері плутоний – цезий – 0,967, плутоний – европий – 0,977 және цезий – европий – 0,967. Түзету байланысынан тек цезийдің 6 фракциясы түсіп қалады.

Сынама НР-11 көлдің жотасында іріктеп алынды, сынама НР-12 – 50 м ара қашықтықта. Сынама іріктеп алу нүктесінің 50 метрге ауысуы плутоний бойынша тиесілі белсенділіктің екі есеге азаюына, европий бойынша – 38 рет және цезий бойынша – 22 ретке азаюына әкеледі, бұл іс жүзінде «Атом көлі» ауданындағы барлық белсенділіктің ядролық жарылыс орнына тікелей жақын шоғырланғандығын және эпицентрден алыстаған сайын жылдам түсетінін көрсетеді.

«Телкем-1» (сынамалар НР-13-НР-15)

Жотасында іріктеп алынған сынама НР-13 барлық изотоптар бойынша аса үлкен тиесілі белсенділігі бар. Жотасынан алыстаған сайын белсенділік жылдам азаяды. Мысалы, сынама НР-14 тиесілі белсенділігі (сынама НР-13 іріктеп алу жерінен 200 м алыста) плутоний бойынша сынама НР-13 белсенділігінен 16 есе аз, ал сынама НР-15 – шамамен екі есеге аз.

Сынама НР-13 үшін плутоний мен цезий бойынша максимум абсолюттік белсенділік 6 фракцияда шоғырланған (37 % және тиісінше 82 %). Егер аса ірі фракциялардың плутоний бойынша белсенділігі де маңызды болса, онда іс жүзінде цезий бойынша барлық белсенділік ең ұсақ фракцияда шоғырланған. Белсенділіктердің гранулометриялық фракциялар бойынша мұндай таралуы белсенді бөлшектердің үлкен бөлігі зерттеліп жатқан ауданға әр түрлі табиғи факторлардың есебінен енгізілгендігі туралы растауы мүмкін. Сынама НР-13 үшін плутоний – европий (түзету коэффициенті 0,94) түзету байланысы байқалады, мұнда жалпы заңдылықтан тек 1 магнитті емес фракция ғана түсіп қалады. Фракциялардың төмен белсенділігінің арқасында цезий үшін мұндай байланыстарды анықтау мүмкін емес.

«Дегелең» алаңы (сынамалар НР-16-НР-20)

Бір алаңда іріктеп алынған сынамалардың әр түрлі радионуклидтік құрамы бар. Барлық іріктеп алынған 20 сынамадан сынама НР-16 (139 штольня) НР-08 кейін плутоний бойынша екінші тиесілі белсенділігі бар (514 000 Бк/кг). Сынамалар НР-17 және НР-18 (609 штольня) цезий бойынша аса белсенді (203 000 және тиісінше 4490 000 Бк/кг) және іс жүзінде плутоний мен европий бойынша белсенді емес. Сынама НР-19 (177 штольня) жеткілікті жоғары, рекордтық белсенділік болмаса да плутоний бойынша (16 000 Бк/кг) болса, цезий бойынша (4790 Бк/кг) бар. Соңында, сынама НР-20 (503 штольня) барлық изотоптар бойынша белсенді емес болып табылады. Изотоптық құрамның осындай кең әр түрлілігі, мүмкін, ядролық сынақтар сипатымен, сол сияқты штольняның ішкі қуыстарынан порталға белсенділіктің ауысу жағдайымен анықталады.

Радионуклидтік құрамындағы айырмашылықтарға қарамастан, «Дегелең» алаңының сынамалардың гранулометриялық фракциялар бойынша белсенділіктерінің ұқсас таралуы бар. Абсолюттік белсенділіктің аса үлкен үлесі соларда, және бұл оларды Полигонда іріктеп алынған қалған сынамалардан ерекшелейді, ұсақ гранулометриялық фракцияларда шоғырланған (5, 6, және кейде, 4).

Сынама НР-16 плутоний бойынша іс жүзіндегі барлық белсенділік 4 (сынаманың жалпы белсенділігінің 31 %), 5 (42 %) және 6 (26 %) гранулометриялық фракцияларда шоғырланған. Сынамалар НР-17 және НР-19 цезий бойынша максимум белсенділік 6 фракцияда шоғырланған (54 % және тиісінше 72 %). Соңынан, сынама НР-18 үшін цезий бойынша белсенділіктің таралу сипатының максимум 5 фракцияда (сынаманың жалпы белсенділігінің 33 %) аса қозғалмалы сипаты бар.

Белсенділіктердің таралуында аса жақсы сіңірімділік қасиеттері бар ұсақ фракциялардың басым болуы мұнда радионуклидтердің топырақ бөлшектерінің штольнялардан ағатын топырақ суларымен өзара байланысы нәтижесінде жинақталатынымен түсіндіріледі. Бұл барлық зерттеліп жатқан радионуклидтердің ішінен жақсы жылыстау қасиеттері бар цезийдің ауытқымалы үлкен құрамын түсіндіреді.

Штольня 609 (сынамалар НР-17, НР-18) ерекшелігі – цезий бойынша сынаманың тиесілі белсенділігінің порталдан алыстаған сайынғы ұлғаюы. Бұл феномен, мүмкін, сынама іріктеп алу жерлеріндегі жергілікті жер рельефінің ерекшеліктерімен түсіндірілетін болар.

Қорытынды:

Ядролық сынақтардың түрлі типтері жүргізілген (жерүсті, ауадағы, экскавациялық) ССП әр түрлі жерлерінен іріктеп алынған сынамалар («Тәжірибе дала-сы», «П-2» алаңы, «Атом» көлі, «Телкем-1» алаңы) гранулометриялық фракциялар бойынша радионуклидтер белсенділіктері таралуының жалпы ерекшеліктері бар. Жарылыстардың эпицентрына тікелей жақын орналасқан жерлерде сынамалар белсенділіктерінің негізгі үлесі ірі гранулометриялық фракцияларда шоғырланған: әдетте 2 (бөліктердің өлшемдері 0,5-тен 1,25 мм дейін), сирек – 1 ($>1,25$ мм) және 3 (0,28 – 0,5 мм). Бұл сынамалардың белсенділіктері топырақ бөліктерінің ядролық жарылыс кезінде заряд материалымен өзара әрекеті нәтижесінде қалыптасқан. Эпицентрлардан алыстаған сайын сынамалар максимум белсенділіктері аса ұсақ фракциялар облысына қарай ауысады – 6 ($<0,04$ мм) және сирек 4 (0,112 – 0,28 мм) және 5 (0,04 – 0,112 мм). Бұл процесс сынамалардың жалпы белсенділіктерінің азаюымен ілесе жүреді. Бұл жағдайда белсенділіктердің жинақталуында ұсақ топырақ бөліктерінің желмен тасымалдануы анықтаушы рөл ойнайды.

«Дегелең» алаңында іріктеп алынған сынамалар үшін белсенділіктердің таралуында ұсақ гранулометриялық фракциялардың басым болуы тән. Радионуклидтер мұнда топырақ бөліктерінің штольнялардан ағатын топырақ суларымен өзара әрекеті нәтижесінде жинақталады.

Топырақтардың магниттік фракцияларының жоғары тиесілі белсенділіктері бар. Алайда бұл фракциялардың массасы, әдеттегідей, тиісті магнитті емес фракциялардан көп аз. Сондықтан сынамалардың көбі үшін абсолюттік белсенділіктің негізгі бөлігі магнитті емес фракцияларда шоғырланған.

Сынамалар НР-08-НР-11 және НР-13 үшін жекелеген изотоптардың гранулометриялық фракциялар бойынша таралуында түзету байланыстары жақсы байқалады, бұл олардың пайда болуының жалпы табиғатына нұсқайды. Әдеттегідей, тек алтыншы фракция ғана бұған кірмейді, ондағы белсенділіктердің үлкен үлесі, мүмкін, енгізілген болып табылады.

2.1.3. Топырақ фракцияларының рентгенфлуоресценттік талдамасы

ССП топырақтарын зерттеу кезінде радионуклидтердің құрамы мен таралуынан басқа радионуклидтерді қолдайтын тұрақты химиялық элементтердің бар болуы ядролық сынақтың маңызды сипаттамасы болуы мүмкін. Бұндай байланыстардың анықталуы жарылыс жағдайын және ядролық зарядтың қабығының типін анықтауға көмектесуі мүмкін. Мұндай зерттеулер үшін аналитикалық аспап ретінде Жобада жоғарыда суреттелген РФТ әдісі пайдаланылды. ССП іріктеп алынған сынамалардағы химиялық элементтердің орташа құрамы қарапайым тұрақты топырақтар үшін осы параметрге ұқсас. Сондықтан байланыстарды анықтау үшін химиялық элементтер мен радиоактивті изотоптардың гранулометриялық фракциялары бойынша таралуы зерттелді.

Плутоний бойынша топырақ фракциялары мен тиесілі белсенділіктеріне рентгенфлуоресценттік талдау деректерін салыстыру, $^{239+240}\text{Pu}$ изотоптары мен Fe элементтері (түзету коэффициенті 0,87) және Sr (түзету коэффициенті 0,90) үшін және сынама НР-08 плутоний бойынша аса белсенді түзету байланысы үшін байқалатынын көрсетеді. Зерттеліп жатқан химиялық элементтердің арасынан қалған сынамалар үшін, егер заряд материалының қойылуы бар болса да ол фракциялардағы химиялық элементтердің орташа құрамынан көп аз.

Сонымен, кейбір химиялық элементтер мен плутонийдің белсенді сынамалардағы, жалпы алғанда, және оның ішінде «ыстық» бөлшектердегі генетикалық байланысының мүмкін екендігі туралы болжамның алынған тәжірибелік деректерде дәлелі жоқ деген қорытынды жасауға болады. Сынамалар материалының үлкен бөлігінің және олармен байланысты химиялық элементтердің табиғи жасалуы бар.

2.1.4. Сынамалардағы «ыстық» бөлшектердің бар екендігін анықтау, санын және орташа белсенділігін бағалау

Өзірленген тәсіл негізінде топырақ материалында «ыстық» бөлшектердің бар екендігін бағалау жөніндегі тәжірибелер қайтадан араластыруды пайдалана отыра жүргізілді. Үлгі материалын араластырудан максималды әсерге қол жеткізу үшін жұмыста қалыптасқан өлшеулердің геометриялық жағдайларын таңдау бойынша ұсыныстар ескерілді [4].

Тәжірибе үшін дайындалған 5 үлгінің әрқайсысының массасы 98 граммды құрады. Үлгілердің биіктігі материалдың тығыздығына байланысты құбылып тұрды.

Әр үлгі үшін біртіндеп араластыру мен өлшеудің 16 сериясы жүргізілді. НР-16 үлгісі үшін 3 сол сияқты серия жүргізілді. Өлшеулердің әр сериясынан соң 13,5 кэВ ($^{238+239+240}\text{Pu}$), 13,9 кэВ ($^{238+239+240}\text{Pu}$), 17,2 кэВ ($^{238+239+240}\text{Pu}$), 17,7 кэВ ($^{238+239+240}\text{Pu}$), 20,2 кэВ ($^{238+239+240}\text{Pu}$), 20,8 кэВ ($^{238+239+240}\text{Pu}$), 26,4 кэВ (^{241}Am), 59,5 кэВ (^{241}Am) және 129,3 кэВ (^{239}Pu) энергиялары бар сызықтар үшін есептеу жылдамдығы анықталды. 16 өлшенген есептеу жылдамдықтары бойынша әр энергия үшін стандарттық ауытқулар есептеп шығарылды. Әр гамма немесе рентген сызықтар үшін анықтамалық кестелер бойынша [15] ұсынылған кремнийлі матрицадан әлсізденудің толық массалы коэффициенттері есептелді, өйткені бұл элемент өз сипаттамасы бойынша орташа элементті құрамы бар топыраққа аса жақын.

Гамма және рентген сызықтарды есептеу жылдамдықтары стандартты ауытқуының массалық коэффициенттен алынған тәуелділігі зерттелген сынамалардан – НР-08 және НР-16 үлгілерінен аса белсендісі үшін әлсіздену анық көрінетін экспоненциалды сипаты бар (сынама НР-08 үшін тәуелділік 2-суретте көрсетілген). Математикалық жалғандыққа сәйкес үлгіде «ыстық» бөлшектің жоқ болуы жағдайында (барлық белсенділік ұсақ дисперсті матрицалық фракцияда шоғырланған), немесе «ыстық» бөлшектердің үлкен көлемі болған жағдайда, бұл кезде олар үлгінің жалпы матрицалық белсенділіктерін анықтайды, гамма және рентген сызықтарды есептеу жылдамдықтарының стандартты ауытқулары тек өлшеулердің статистикалық дәлсіздіктерімен анықталуы тиіс. 3-кестеден көргеніміздей, 8 және 16 үлгілер үшін барлық энергетикалық сызықтар үшін стандартты ауытқулардың статистикалық дәлсіздіктерге қатынасы қалыптан асады. Стандартты ауытқулардың статистикалық дәлсіздіктерден көп айырмашылығы бұл сынамалардағы «ыстық» бөлшектердің саны соңғы екенін көрсетеді.

теді. Есептеу жылдамдықтарының стандартты ауытқуларының әлсізденудің массалық коэффициентінен тәуелділігінің экспоненциалды сипаты математикалық аппараты таңдаудың дұрыстығын растайды.

9, 10 және 13 үлгілер үшін стандартты ауытқулардың статистикалық дәлсіздіктерге қатынасы 5 аспайды, ал кейбір жағдайларда статистикалық дәлсіздік стандартты ауытқулардан асады. Бұл үлгілердің «ыстық» фракцияларында шоғырланған белсенділіктің аз үлесіне байланысты.

Жұмыста [4] математикалық үлгілеудің көмегімен ортаның әлсіздендіруші қасиеттерінің ұлғаюы есептеу жылдамдықтары таралуының ені мен жиілігінің ұлғаюына (стандартты ауытқудың ұлғаюына) және таралудың асимметриясына әкеледі деген қорытынды жасалды. Осы тәжірибеде алынған деректер осы болжамды растайды, сондай-ақ ортаның әлсіздендіруші сипаттамаларының ұлғаюы кезінде стандартты ауытқудың өзгеру сипаты туралы түсінік береді.

2.2. «Ыстық» бөлшектердің құрылымы мен құрамын зерттеу

2.2.1. «Ыстық» бөлшектерді сәйкестендіру және бөлу

Жоғарыда көрсетілгендей, «ыстық» бөлшектерді бөлу бойынша жұмыстар екі: мәжбүрлі бөліну мен көзбен шолу арқылы сәйкестендіру әдістерін пайдалану арқылы жүргізілді. 1, 2 және 3 гранулометриялық фракциялардың ішінен бөлінген «ыстық» бөлшектердің саны, орташа абсолюттік тиесілі белсенділігі 5-кестеде берілген. Көзбен шолу арқылы сәйкестендіру әдісінің шектеулері арқасында 3 фракциядан бөліну тек мәжбүрлі бөліну әдісімен ғана орындалды. 5-кестеде түрлі түстермен бөлінудің пайдаланылған әдістері көрсетілген (көкпен – мәжбүрлі бөліну әдісі, қызылмен – көзбен шолу арқылы сәйкестендіру әдісі).

4 және 5 фракциялар үшін бөлшектер бөлінген жоқ, тек олардың саны ғана есептеліп отырды. Бұл жағдайда сәйкестендіру үшін мәжбүрлі бөліну әдісі пайдаланылды. Бұл фракциялардың шартты белгіленген анықталған бөлшектері тректер санына байланысты (бөлшектің белсенділігі) детекторда төрт түстік топқа бөлінді (қара – детектордағы бөлшектердің қалдықтарының саны 5-тен 10-ға дейін, көк – қалдықтар саны 10-нан 30-ға дейін, жасыл – қалдықтар саны 30-дан 100-ге дейін және қызыл – қалдықтар саны 100-нан жоғары). Алынған нәтижелер 6-кестеде берілген. 4 және 5 фракциялардың бөлшек белсенділіктері өлшенген жоқ.

Алынған деректер негізінде анықталған «ыстық» бөлшектердің саны, олардың формасы және орташа белсенділігі сынаманың жалпы белсенділігіне және ядролық сынақтың типіне байланысты деп болжауға болады. 4-суретте ССП түрлі телімдерінде іріктеп алынған типтік «ыстық» бөлшектер көрсетілген.

«Тәжірибе даласы» (сынамалар НР-01 – НР-07)

Іріктеп алынған бөлшектер күйіп кеткен минералды пайда болулар ретінде берілген. Бөлшектердің балқыған формасы олардың жоғары температура мен қысым жағдайларында қалыптасқандығын көрсетеді. Тамшы түрдегі және шартәріздес бөлшектер кездеседі.

«Тәжірибе даласынан» іріктеп алынған жеті сынаманың барлығынан бірінші фракциядан 46 «ыстық» бөлшек бөлінді, екінші фракциядан – 215 және үшінші фрак-

циядан – 61 бөлінді (5-кесте). Төртінші фракцияда 91 «ыстық» бөлшек және бесінші фракцияда – 118 бөлшек анықталды (6-кесте). Сынаманың 1 грамында анықталған бөлшектердің орташа саны 1 фракция үшін – 0.1, 2 фракция үшін – 1.1, 3 фракция үшін – 5.2, 4 фракция үшін – 135 бөлшек және 5 фракция үшін – 440 бөлшекті құрайды. Топырақтың 10 000 бөлшегіне орташа алғанда бірінші фракцияның 4 «ыстық» бөлшегі, екінші фракцияның 13 бөлшегі және 3 фракцияның 16 бөлшегі сәйкес келеді.

Ірі гранулометриялық фракциялардың бөлінген бөлшектерінің аса үлкен саны ең белсенді сынама НР-04 (166 бөлшек) келеді, олардың көбісі (121 бөлшек) – екінші гранулометриялық фракцияға келеді. 4 және 5 фракциялар бөлшектерінің аса үлкен саны сынама НР-05 анықталған (310 және тиісінше 685).



«Тәжірибе даласы»



Телім П-2, НР-08



Телім П-2, НР-09



Телім П-2, НР-10



«Атом» көлі



Штольня 139



Штольня 609



Штольня 177



Штольня 503

4-Сурет. ССП түрлі телімдерінде іріктеп алынған типтік «ыстық» бөлшектер

1, 2 және 3 гранулометриялық фракциялардан бөлінген «ыстық» бөлшектер

Фракция	Фракция массасы, г	Р _и бойынша фракцияның абсолют. белсенділігі, Бк	Р _и бойынша фракцияның орташа тиесілігі, кБк/кг	Бөліну әдісі	Бөлшектер саны	1 г сынама үшін бөлшектер саны (топырақтың 1000 бөлшегіне)	Р _и бойынша бөлшектердің орташа абсолют. белсенділігі, Бк	Р _и бойынша бөлшектердің орташа тиесілігі, кБк/кг	«Ыстық» бөлшектерде шоғырланған фракция белсенділігінің үлесі
1	194	6,3	0,028	К.с.	Сынама НР-01 2	0,01 (0,04)	0,45	41	14
1	150	139	0,93	К.с.	Сынама НР-02 4	0,03 (0,12)	13	3200	37
2	75	890	12	К.с.	41	0,55 (0,61)	2,8	5500	13
	2,6	31		М.б.	2	0,77 (0,85)	0,51	1000	3,3
3	2,1	12	5,9	М.б.	5	2,4 (0,72)	0,35	~3500	15
					Сынама НР-03				
1	190	336	1,8	К.с.	3	0,02 (0,08)	53	9000	47
3	1,7	5,3	3,1	М.б.	23	14 (4,2)	0,1	~330	43
					Сынама НР-04				
1	110	96	0,87	К.с.	33	0,3 (1,3)	1,2	280	41
	8,9	7,7		М.б.	2	0,22 (0,92)	2,8	650	72
2	150	4620	31	К.с.	96	0,64 (0,70)	4,5	7500	9,4
	5,9	183		М.б.	25	4,2 (4,6)	1,8	3000	25
3	1,5	29	19	М.б.	10	6,7 (2,0)	1,9	~9000	67
					Сынама НР-05				
1	120	8,6	0,072	К.с.	1	0,008 (0,03)	3,8	170	44
	9,5	0,68		М.б.	1	0,11 (0,46)	0,03	1,3	4,4
2	190	9,2	0,048	К.с.	9	0,05 (0,06)	0,23	140	23
3	2,2	10	4,6	М.б.	6	2,7 (0,81)	0,62	~3700	37
					Сынама НР-06				
2	90	287	3,2	К.с.	34	0,38 (0,42)	1,6	4400	19
	5,6	18		М.б.	8	1,4 (1,5)	0,89	2450	40
3	2,0	24	12	М.б.	9	4,5 (1,4)	0,40	~4000	15

Фракция	Фракция массасы, г	Ри бойынша фракцияның абсол. белсенділігі, Бк	Ри бойынша фракцияның орташа тиесілі белсенділігі, кБк/кг	Бөліну әдісі	Бөлшектер саны	1 г сынама үшін бөлшектер саны (топырақтың 1000 бөлшегіне)	Ри бойынша бөлшектердің орташа абсол. белсенділігі, Бк	Ри бойынша бөлшектердің орташа тиесілі белсенділігі, кБк/кг	«Ыстық» бөлшектерде шоғырланған фракция белсенділігінің үлесі
3	10	8,8	0,88	М.б.	Сынама НР-07 8	0,8 (0,25)	0,17	~1700	16
1	124	518000	4180	К.с.	Сынама НР-08 83	0,67 (2,8)	3600	770000	58
	3,6	15100		М.б.	160	44 (185)	28	6000	30
2	117	2790000	23900	К.с.	539	4,6 (5,1)	1300	1100000	25
	1,0	23900		М.б.	113	113 (124)	185	157000	88
3	1,4	28400	20300	М.б.	34	24 (7,2)	102	~1000000	12
1	123	2890	23,5	К.с.	Сынама НР-09 142	1,2 (5,0)	8,5	1300	42
	10	235		М.б.	12	1,2 (5,0)	1,3	199	6,7
2	134	1530	11	К.с.	41	0,31 (0,34)	1,4	2800	3,8
	5,5	61		М.б.	66	12 (13)	0,52	1040	56
3	2,2	17	7,7	М.б.	64	29 (8,7)	<0,01	~100	<4
1	82	2350	29	К.с.	Сынама НР-10 798	9,7 (41)			
	10	290		М.б.	129	13 (55)	2,2	320	98
2	104	7050	68	К.с.	377	3,6 (4,0)			
	3,5	238		М.б.	193	55 (61)	0,77	408	62
3	1,5	45	30	М.б.	99	66 (20)	0,23	~2300	51
1	120	2000	17	К.с.	Сынама НР-11 17	0,14 (0,59)	0,58	140	0,5
2	127	1950	15	К.с.	33	0,26 (0,29)	0,11	12	0,2
3	10	<1,6	<0,16	М.б.	Сынама НР-12 1	0,1 (0,03)	<0,01	~100	
1	10	89	8,9	М.б.	Проба НР-13 1	0,1 (0,42)	7,2	1700	8,1
3	1,9	64	34	М.б.	2	1,1 (0,33)	3,1	~31000	10

Фракция	Фракция массасы, г	Р _и бойынша фракцияның абсол. белсенділігі, Бк	Р _и бойынша фракцияның орташа тиесілі белсенділігі, кБк/кг	Бөліну әдісі	Бөлшектер саны	1 г сынама үшін бөлшектер саны (топырақтың 1000 бөлшегіне)	Р _и бойынша бөлшектердің орташа абсол. белсенділігі, Бк	Р _и бойынша бөлшектердің орташа тиесілі белсенділігі, кБк/кг	«Ыстық» бөлшектерде шоғырланған фракция белсенділігінің үлесі
3	3,0	8,4	2,8	М.б.	Сынама НР-14 10	3,3 (0,99)	0,08	~800	10
3	3,0	<0,18	<0,06	М.б.	Сынама НР-15 4	1,3 (0,39)	0,16	1400	
1	3,2	10	3,2	М.б.	Сынама НР-16 7	2,2 (9,2)	0,085	17	6
2	68	1220	18	К.с.	26	0,38 (0,42)			
	2,5	45		М.б.	5	2 (2,2)	0,46	290	5
3	1,0	15	15	М.б.	4	4 (1,2)	0,052	100	1,4
1	10	<4,6	<0,46	М.б.	Сынама НР-17 64	6,4 (27)	<0,01	<2	
2	3,9	<1,9	<0,49	М.б.	Есептелген жоқ				
3	0,6	1,6	2,6	М.б.	Есептелген жоқ				
1	8,1	<9,0	<1,1	М.б.	Сынама НР-18 268	33 (139)	0,022	15	
2	2,5	<1,9	<0,75	М.б.	Есептелген жоқ				
3	0,34	<0,2	<0,61	М.б.	Есептелген жоқ				
1	10	13	1,3	М.б.	Сынама НР-19 97	9,7 (41)	0,05	34	35
2	3,5	24	6,7	М.б.	Есептелген жоқ				
3	0,85	6,3	7,4	М.б.	Есептелген жоқ				
1	6,8	<0,68	<0,1	М.б.	Сынама НР-20 7	1,0 (4,2)	0,01	6,8	
2	4,5	<0,45	<0,1	М.б.	5	1,1 (1,2)	0,11	30	
3	3,1	<0,5	<0,16	М.б.	45	15 (4,5)	0,06	65	

Бөліну әдісі:

М.б. – мажбүрлі бөліну;

К.с. – көзбен шолу арқылы сәйкестендіру

Сынамалардың 4 және 5 фракцияларында анықталған «ыстық» бөлшектер саны

Сынама	«Ыстық» бөлшектер тобы	Фракция 4			Фракция 5		
		Сынама салмағы, г	Бөлшектер саны	1 г сынамаға бөлшектер саны	Сынама салмағы, г	Бөлшектер саны	1 г сынамаға бөлшектер саны
НР-02	Қызыл	0,39	жоқ	жоқ	0,24	жоқ	жоқ
	Жасыл		16	40		12	50
	Көк		12	30		32	134
	Қара		20	50		56	235
	БАРЛЫҒЫ		48	120		100	419
НР-03	Қызыл	0,65	1	2	0,26	6	23
	Жасыл		2	3		7	27
	Көк		14	21		22	85
	Қара		53	81		64	245
	БАРЛЫҒЫ		70	107		99	380
НР-04	Қызыл	0,53	1	2	0,26	5	20
	Жасыл		4	8		11	43
	Көк		15	29		32	125
	Қара		42	80		55	215
	БАРЛЫҒЫ		62	119		103	403
НР-05	Қызыл	0,77	2	2,6	0,35	1	2,9
	Жасыл		6	8		10	35
	Көк		87	113		60	171
	Қара		144	187		170	485
	БАРЛЫҒЫ		239	311		241	694
НР-06	Қызыл	0,70	<1	<1	0,26	12	46
	Жасыл		10	14		16	62
	Көк		29	42		46	177
	Қара		88	126		81	312
	БАРЛЫҒЫ		128	182		155	597
НР-07	Қызыл	0,90	5	5,6	0,21	1	4,8
	Жасыл		11	12,2		11	52
	Көк		36	40		31	148
	Қара		41	46		82	392
	БАРЛЫҒЫ		93	104		125	597
НР-08	Қызыл	0,44	245	560	0,20	2508	12540
	Жасыл		1699	3860		5319	26590
	Көк		3836	8720		40410	202040
	Қара		3467	7880		35312	176560
	БАРЛЫҒЫ		9247	21020		83549	417730
НР-09	Қызыл	0,72	39	54	0,30	50	167
	Жасыл		41	57		62	206
	Көк		54	75		123	410
	Қара		43	59		114	380
	БАРЛЫҒЫ		177	245		349	1163
НР-10	Қызыл	0,72	7	10	0,36	4	10
	Жасыл		54	75		20	55
	Көк		238	330		260	720
	Қара		357	495		492	1365
	БАРЛЫҒЫ		656	910		776	215
НР-11	Қызыл	0,41	жоқ	жоқ	0,25	жоқ	жоқ
	Жасыл		4	10		8	32
	Көк		48	117		20	80
	Қара		188	459		212	848
	БАРЛЫҒЫ		240	586		240	960

Сынама	«Ыстық» бөлшектер тобы	Фракция 4			Фракция 5		
		Сынама салмағы, г	Бөлшектер саны	1 г сынама- ға бөлшек- тер саны	Сынама салмағы, г	Бөлшектер саны	1 г сынама- ға бөлшек- тер саны
НР-12	Қызыл	1,00	жоқ	жоқ	0,27	жоқ	жоқ
	Жасыл		1	1		жоқ	жоқ
	Көк		64	64		34	125
	Қара		88	88		78	289
	БАРЛЫҒЫ		153	153		112	414
НР-13	Қызыл	0,37	12	32	0,25	28	112
	Жасыл		жоқ	жоқ		17	68
	Көк		жоқ	жоқ		29	116
	Қара		жоқ	жоқ		39	156
	БАРЛЫҒЫ		12	32		113	452
НР-14	Қызыл	0,36	жоқ	жоқ	0,37	жоқ	жоқ
	Жасыл		5	14		3	8
	Көк		42	117		9	24
	Қара		147	408		140	380
	БАРЛЫҒЫ		194	539		152	412
НР-15	Қызыл	0,79	жоқ	жоқ	0,46	11	24
	Жасыл		5	6		28	60
	Көк		78	99		121	263
	Қара		269	340		265	576
	БАРЛЫҒЫ		352	445		425	923
НР-16	Қызыл	0,24	7	29	0,12	15	125
	Жасыл		10	42		24	200
	Көк		64	266		102	850
	Қара		54	225		78	650
	БАРЛЫҒЫ		135	562		219	1825
НР-17	Қызыл	0,39	126	320	0,27	11	41
	Жасыл		262	670		35	130
	Көк		3230	8280		1276	4725
	Қара		3898	9995		2105	7798
	БАРЛЫҒЫ		7516	19265		3427	12694
НР-18	Қызыл	0,10	450	4500	0,09	38	420
	Жасыл		7405	74050		1912	21240
	Көк		18398	183980		33750	375000
	Қара		4500	45000		37875	420830
	БАРЛЫҒЫ		30753	307530		73575	817490
НР-19	Қызыл	0,79	97	125	0,12	жоқ	жоқ
	Жасыл		2092	2650		230	1920
	Көк		9292	11760		13790	114915
	Қара		5425	6865		25565	213040
	БАРЛЫҒЫ		16906	21400		39585	329875
НР-20	Қызыл	0,31	16	50	0,09	15	165
	Жасыл		202	650		15	165
	Көк		4469	14415		612	6800
	Қара		2948	9510		2025	22500
	БАРЛЫҒЫ		7635	24625		2667	29630

Ескерту: **Қызыл** – ЫБ белгідегі сынықтардың іздер саны: (> 100)

Жасыл - ЫБ белгідегі сынықтардың іздер саны (30-100)

Көк - ЫБ белгідегі сынықтардың іздер саны (10-30)

Қара - ЫБ белгідегі сынықтардың іздер саны (5-10)

1 гранулометриялық фракция бөлшектерінің орташа абсолюттік және тиесілі белсенділігі 11 Бк және тиісінше 2000 кБк/кг құрайды. 2 фракция үшін мұндай сипаттамалар 1,7 Бк және 3430 кБк/кг және 3 фракция үшін 0,59 Бк және тиісінше 3700 кБк/кг құрайды.

Сынама НР-03 бірінші фракциясының бөлшектерінің (3 бөлшек) аса үлкен орташа абсолюттік (53 Бк) және тиесілі белсенділігі (5000 кБк/кг) бар.

Бірінші фракциядан белсенділік бөлінуінің орташа тиімділігі 37 %, екіншіден – 19 %, үшіншіден – 32 % құрайды. Сонымен, бірінші және үшінші фракциялардан «ыстық» бөлшектер аса тиімді бөлінеді.

П-2 алаңы (сынамалар НР-08 – НР-10)

Гидродролық жарылыс, жотасы (сынама НР-08)

Бөлшектердің балқыған формасы олардың жоғары температура мен қысым жағдайларында қалыптасқандығын көрсетеді. Іс жүзінде барлық бөлшектер тамшы түрде және шартәріздес.

Сынама НР-08 анықталған «ыстық» бөлшектер саны бойынша абсолюттік рекордсмен болып табылады. Барлығы сынамадан бірінші фракцияда 243 «ыстық» бөлшек бөлінді, екінші фракцияда – 652 және үшінші фракцияда – 34 бөлінді. Төртінші фракциядан 9247 «ыстық» бөлшек және бесінші фракциядан – 83 549 бөлшек бөлінді. Сынаманың 1 грамындағы бөлшектердің орташа саны: 1,9 – 1 фракция үшін, 5,5 – 2 фракция үшін, 24 – 3 фракция үшін, 21 020 бөлшек 4 фракция үшін және 417 730 – 5 фракция үшін құрайды. Топырақтың 10 000 бөлшегіне орташа алғанда бірінші фракцияның 80 «ыстық» бөлшегі, екінші фракцияның 61 бөлшегі және 3 фракцияның 72 бөлшегі сәйкес келеді.

1 гранулометриялық фракция бөлшектерінің орташа абсолюттік және тиесілі белсенділігі 1250 Бк және тиісінше 267 000 кБк/кг құрайды. 2 фракция үшін мұндай сипаттамалар 1110 Бк және 9 370 000 кБк/кг құрайды және 3 фракция үшін 102 Бк және тиісінше ~1 000 000 кБк/кг құрайды.

Бірінші фракциядан белсенділік бөлінуінің орташа тиімділігі 57 %, екіншіден – 26 %, үшіншіден – 12 % құрайды.

Аралас жарылыс, жотасы (сынама НР-09)

Іріктеп алынған бөлшектер күйіп кеткен минералды пайда болулар ретінде берілген. Бөлшектердің балқыған формасы олардың жоғары температура мен қысым жағдайларында қалыптасқандығын көрсетеді.

Барлығы сынамадан бірінші фракциядан 154 «ыстық» бөлшек бөлінді, екінші фракциядан – 107 және үшінші фракциядан – 64 бөлінді. Төртінші фракцияда 177 «ыстық» бөлшек және бесінші фракцияда – 349 бөлшек бөлінді. Сынаманың 1 грамындағы бөлшектердің орташа саны: 1,2 – 1 фракция үшін, 7,5 – 2 фракция үшін, 29 – 3 фракция үшін, 245 бөлшек 4 фракция үшін және 1163 – 5 фракция үшін құрайды. Топырақтың 10 000 бөлшегіне орташа алғанда бірінші фракцияның 50 «ыстық» бөлшегі, екінші фракцияның 8,4 бөлшегі және 3 фракцияның 87 бөлшегі сәйкес келеді.

1 гранулометриялық фракция бөлшектерінің орташа абсолюттік және тиесілі белсенділігі 7,9 Бк және тиісінше 1214 кБк/кг құрайды. 2 фракция үшін мұндай сипаттамалар 0,86 Бк және 1714 кБк/кг және 3 фракция үшін <0,01 Бк және тиісінше ~100 кБк/кг құрайды.

Бірінші фракциядан белсенділік бөлінуінің орташа тиімділігі 39 %, екіншіден – 5,8 %, үшіншіден – <4% құрайды.

Ядролық жарылыс, жотасы (сынама НР-10)

Іріктеп алынған бөлшектер сыртқы түрі жағынан «Тәжірибе даласында» іріктеп алынған «ыстық» бөлшектерге ұқсас (сынамалар НР-01 – НР-07), бұл олардың пайда болуы бірдей екендігін көрсетеді.

Анықталған «ыстық» бөлшектердің саны бойынша сынама НР-10 тек сынамаға НР-08 ғана жол береді. Сол уақытта, ірі гранулометриялық фракциялардан аталған жағдайда бөлшектердің аса үлкен саны бөлінді. Барлығы сынама НР-10 бірінші фракциядан 927 «ыстық» бөлшек, екінші фракциядан – 570 және үшінші фракциядан – 99 бөлшек бөлінді. Анықталғаны төртінші фракцияда 656 «ыстық» бөлшек және бесінші фракцияда – 776 бөлшек. Сынаманың 1 грамындағы бөлшектердің орташа саны құрайды: 10 – 1 фракция үшін, 21 – 2 фракция үшін, 66 – 3 фракция үшін, 910 бөлшек 4 фракция үшін және 215 – 5 фракция үшін. Топырақтың 10 000 бөлшегіне орташа алғанда бірінші фракцияның 425 «ыстық» бөлшегі, екінші фракцияның 58 бөлшегі және 3 фракцияның 200 бөлшегі сәйкес келеді.

Бөлшектердің орташа абсолюттік және тиесілі белсенділіктері тек мәжбүрлі бөліну әдісімен бөлінген «ыстық» бөлшектер үшін ғана өлшенген және 1 гранулометриялық фракция үшін 2,2 Бк және тиісінше 320 кБк/кг құрайды. 2 фракция үшін мұндай сипаттамалар 0,77 Бк және 408 кБк/кг құрайды. Және 3 фракция үшін 0,23 Бк және тиісінше 2300 кБк/кг құрайды.

Мәжбүрлі бөліну әдісімен бірінші фракциядан белсенділік бөлінуінің орташа тиімділігі 98 %, екіншіден – 62 %, үшіншіден – 51% құрайды.

Сонымен, сынама НР-10 бөлінудің жоғары тиімділігі бар «ыстық» бөлшектер бәрінен көп бөлінсе, олардың орташа белсенділігі салыстырмалы жоғары емес. Сондықтан плутоний бойынша сынаманың жалпы белсенділігі болжанған бойынша жоғары емес.

«Атом» көлі (сынамалар НР-11 – НР-12)

Экспедициялық жарылыс жүргізілген орындарда («Атом» көлі) іріктеп алынған үш сынамадан бөлшектер іс жүзінде тек сынама НР-11 (жотасы) ғана бөлінді. Жоғарыда көрсетілгендей, топырақ үлгілерінің белсенділігі эпицентрден алыстаған сайын жылдам түседі. Сондықтан сынама НР-12 бөлінген «ыстық» бөлшектердің тек аздаған саны ғана осы деректі растайды.

Бөлінген бөлшектердің балқыған формалары сынама НР-08 бөлшектеріне ұқсас, бұл олардың жоғары температура мен қысым жағдайларында қалыптасқандығын көрсетеді. Іс жүзінде барлық бөлшектер тамшы түрде және шартәріздес.

Сынама НР-11 барлығы бірінші фракциядан көзбен шолу арқылы сәйкестендіру әдісімен 17 «ыстық» бөлшек, екінші фракциядан – 33 бөлшек бөлінді. «Ыстық» бөлшектерді мәжбүрлі бөлу әдісі бұл фракцияларда анықтаған жоқ. Анықталғаны - төртінші және бесінші фракцияда 240 «ыстық» бөлшектен. Сынаманың 1 грамындағы бөлшектердің орташа саны құрайды: 0,14 – 1 фракция үшін, 0,26 – 2 фракция үшін, 586 – 4 фракция үшін және 960 – 5 фракция үшін. Топырақтың 10 000 бөлшегіне орташа алғанда бірінші фракцияның 5,9 «ыстық» бөлшегі, екінші фракцияның 2,9 бөлшегі сәйкес келеді.

Бөлшектердің орташа абсолюттік және тиесілі белсенділіктері 1 гранулометриялық фракция үшін 0,58 Бк және тиісінше 140 кБк/кг құрайды. 2 фракция үшін мұндай сипаттамалар 0,11 Бк және 12 кБк/кг құрайды.

Бірінші фракциядан белсенділіктің бөлінуінің орташа тиімділігі 0,5 %, екіншіден – 0,2 % құрайды. Үлгіде сыртқы түрі бойынша қарапайым топырақ бөлшектерінен айырмашылығы жоқ «ыстық» бөлшектер бар, бұл олардың көзбен шолу арқылы сәйкестендіру әдісімен бөлінуін қиындатады.

«Телкем-1» алаңы (сынамалар НР-13 – НР-15)

Көзбен шолу арқылы сәйкестендіру әдісімен «Телкем-1» алаңындағы сынамаларда «ыстық» бөлшектер анықталған жоқ. Мәжбүрлі бөліну әдісімен тек шыны детекторда тректік белгі беретін 17 бөлшек қана бөлінді. 17 бөлшектің ішінен 16-сы үшінші гранулометриялық фракцияға жатады және тек біреуі ғана – біріншіге жатады. Бөлшектердің көбісі азбелсенді. Оған кірмейтіні тек сынама НР-13 үш бөлшегі ғана, олардың орташа абсолюттік белсенділігі 3 Бк көп.

«Дегелең» алаңы (сынамалар НР-16 – НР-20)

«Дегелең» алаңының «ыстық» бөлшектерін өзінің сыртқы түрі бойынша 2 санатқа бөлуге болады:

- Сынамалар НР-16 (штольня 139) және НР-20 (штольня 503) бөлшектері табиғи пайда болулар ретінде берілген. Олардың бетінде балқыту іздері жоқ, бұл оларды ССП топырақтарынан бөлінген басқа бөлшектердің көбісінен ерекшелейді.
- Сынамалар НР-17, НР-18 (штольня 609) және НР-19 (штольня 177) анықталған белсенді пайда болуларының анық көрінетін органикалық жасалуы бар. Бірінші жағдайда, бұл – ағаш материалдың, шөп пен жапырақтың қалдығы, екіншісінде – жеңіл бұзылатын, шымтезектің қалдығына ұқсас аморфтық конгломераттар.

Штольнялардың (су шыққан) сипатын ескере отырып, бөлшектердің белсенділіктері тоннельдің ішкі облыстарынан ағып шығатын сумен араласуына байланысты деген болжам айтуға болады. Бөлшектердің сыртқы түрі іріктеп алу жағдайлары мен жерлеріне байланысты болуы мүмкін.

Сынама НР-16 1 фракциясының бөлшектерін қоспағанда барлық қалған «ыстық» бөлшектер анықталған және мәжбүрлі бөліну әдісін пайдалана отырып бөлінген. Көзбен шолу арқылы сәйкестендіру әдісінің қиыншылықтары бөлінген белсенді пайда болулар сыртқы белгілері бойынша ССП типтік «ыстық» бөлшектеріне аз ұқсайтынына байланысты.

Детекторларды қарастыру кезінде сынамалар НР-17 – НР-19 екінші және үшінші фракцияларында ыстық бөлшектерден белгілер өте әлсіз, бірақ іс жүзінде шынының бүкіл бетін жабатыны анықталды. Жіті бақылау кезінде микроскопта жекелеген бөлшектерден белгілер оларда жабылатыны көретінді. Детекторлардың барлық ауданы бойынша бұл фракциялардағы ыстық бөлшектердің толық санын микроскоппен анықтау іс жүзінде мүмкін емес. Сондықтан 5-кестеде бұл фракциялар үшін бөлшектердің есептелмегендігі көрсетілді. Белсенділіктің фракция ішінде таралуының осындай сипаты көбінесе «матрицалық белсенділік» разрядына ұқсайды.

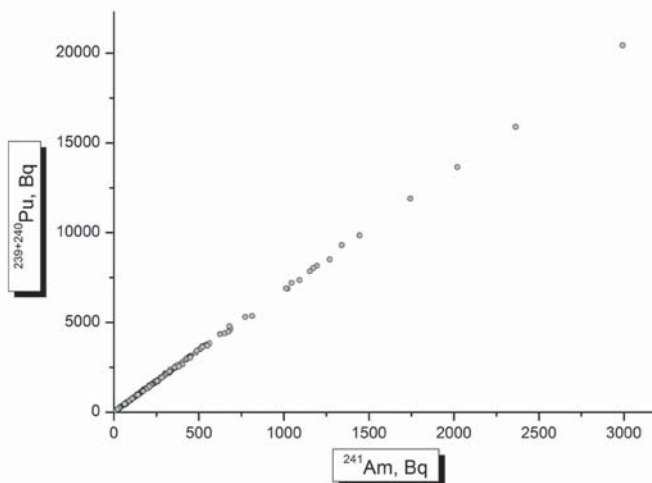
Плутоний бойынша бөлінген «ыстық» бөлшектердің пайда болулардың орташа абсолюттік белсенділіктері үлкен емес (0,01-ден 0,46 Бк дейін), бұл бөлшектердің жоғары емес тиесілі белсенділіктерін анықтайды (6,8 кБк/кг-нан 290 кБк/кг дейін). 5 және 6 кестеден көргеніміздей, анықталған «ыстық» бөлшектердің саны жеткілікті жоғары, әсіресе сынамалар НР-17 – НР-19 үшін.

2.2.2. Сынама НР-08 бөлінген «ыстық» бөлшектері үшін Pu/Am қатынасы

Жоғарыда көрсетілгендей, сынамалардағы Pu/Am қатынасы ядролық сынақтың күнімен және типімен анықталады. Алайда, мынадай: бір сынамадан бөлінген «ыстық» бөлшектердің барлығының да жалпы генезисі бар ма немесе Pu/Am қатынасы барлық бөлшектер үшін тұрақты болады ма деген сұрақ қалады. Плутоний мен америций бойынша белсенділіктерді өлшеу жекелеген бөлшектер үшін қиын міндет болып табылады, әсіресе, егер бөлшектердің белсенділіктері үлкен болмаса. Сондықтан ең құрымағанда сынама НР-08 үшін болсын «ыстық» бөлшектердің пайда болуының жалпылығы туралы сұраққа жауап беруге ұмтылу керек деп шешілді. Бұл үшін үш ірі гранулометриялық фракциялардың 249 бөлшегі үшін гамма-спектрометрияны пайдалана отырып, $^{239+240}Pu$ және ^{241}Am изотоптарының белсенділіктері өлшенді.

Барлық зерттелген бөлшектер үшін Pu/Am қатынасының орташа мәні 7,0 құрайды, бұл барлық сынама НР-08 (7,5 тең) үшін алынған плутонийдің америцийге қатынасымен жақсы келіседі. Жекелеген бөлшектер белсенділіктерінің жоғары құбылуына қарамастан (стандартты ауытқу 2863 %), Pu/Am қатынасы аз диапазонда өзгереді және нәтижесі ретінде барлық фракциялар үшін стандартты ауытқу 5,4 % аспайды.

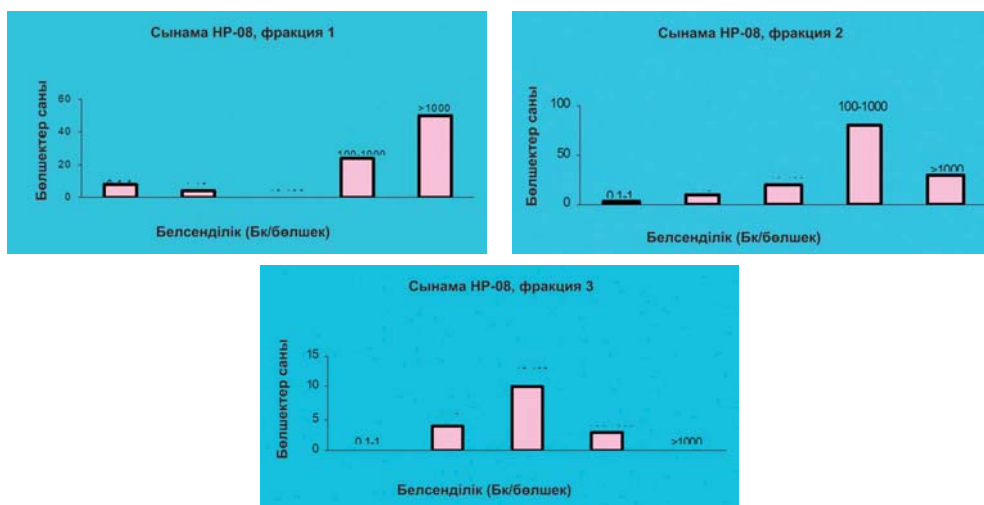
Бұл қорытындыны 5-сурет растайды, мұнда сынама НР-08 әр түрлі «ыстық» бөлшектері үшін плутоний мен америций белсенділіктерінің тәуелділігі көрсетілген. Суреттен көрінгендей, іс жүзінде барлық нүктелер тура сызықта жатыр (түзету коэффициенті 0,9999), оның еңіс бұрышы $Pu/Am = 7,0$ қатынасына сәйкес.



5-Сурет. Сынама НР-08 әр түрлі «ыстық» бөлшектері үшін плутоний бойынша белсенділіктің америций бойынша белсенділігінен тәуелділігі

Сонымен, сынама НР-08 «ыстық» бөлшектердің көбісі үшін Pu/Am қатынасы константа болып табылады, ол бөлшектердің өлшемі мен олардың белсенділіктеріне байланысты емес.

6-суретте плутоний белсенділіктері бойынша «ыстық» бөлшектер санының таралуы көрсетілді. Бұл кезде белсенділіктердің барлық диапазоны логарифмдік масштабта бес кіші диапазонға бөлінген. 6-суреттен көргеніміздей, бөлшектердің өлшемі азайған сайын максимум аз белсенділіктер жағына қарай ауысады. Мысалы, бірінші гранулометриялық фракция үшін барлығынан бұрын 1000 Бк аса белсенділіктердің бөлшектері көп. Екінші фракцияда 100-ден 1000 Бк-ге дейінгі диапазондағы белсенділіктері бар бөлшектер бәрінен көп кездеседі. Соңынан, үшінші фракцияда 10-нан 100 Бк-ге дейінгі диапазондағы белсенділіктері бар бөлшектер бәрінен көп кездеседі.



6-Сурет. 1, 2, 3 фракциялары үшін плутоний белсенділіктері бойынша «ыстық» бөлшектердің таралуы. Бөлшектер НР-08 сынамасынан бөлінді

2.2.3. «Ыстық» бөлшектердің масс-спектрометриясы

«Ыстық» бөлшектердің ядролық заряд материалының топырақ заттегімен жоғары температура мен қысым жағдайларында өзара әрекеті нәтижесінде пайда болғанын ескере отырып, плутоний мен уранның изотоптық қатынастары «ыстық» бөлшектерде заряд қондырғысының изотопты құрамы туралы ақпараты бар және осылайша ядролық сынақтың маңызды сипаттамасы болып табылады. Сондықтан Жобаны орындау шеңберінде Полигон топырағынан бөлінген 21 бөлшектің изотоптық ($^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ және $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ изотоптары қатынасы) құрамы зерттелді. Осы мақсатта жоғарыда суреттелген масс-спектрометрия әдісі пайдаланылды.

Өлшеу нәтижелері 7-кестеде берілген. Кестенің соңғы бағанында уранның изотопты сызығы бойынша жиынтық иондық тоқтың плутонийдің изотопты сызығы бойынша жиынтық иондық тоққа қатынастары көрсетілген. Бұл қатынастар, уранның табиғи таралуын біле отыра, «ыстық» бөлшектерде плутонийдің элементтік құрамын бағалауға мүмкіндік береді.

Кесте 7.

 $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ және $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ изотопты қатынастарын анықтау нәтижелері

Бөлшек №	Массасы, мг	$^{239+240}\text{Pu}$ бойынша белсенділік, Бк	$^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ қатынасы	$^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ қатынасы	$I_{\text{Pu}}/I_{\text{U}}$ қатынасы
НР-03, 1 фракция (>1,25 мм)					
1	5,1	анықталған жоқ	0,22	0,07	0,17
НР-03, 2 фракция (0,5-тен 1,25 мм дейін)					
2	1,0	2,5	0,17	0,062	0,19
НР-03, 3 фракция (0,28-ден 0,5 мм дейін)					
3	анықталған жоқ	0,17	0,44	0,071	0,83
4	анықталған жоқ	0,09	0,33	0,06	0,48
НР-04, 2 фракция (0,5-тен 1,25 мм дейін)					
5	0,1	14,9	0,25	0,048	4
6	0,3	1,4	0,22	0,053	4
НР-04, 3 фракция (0,28-ден 0,5 мм дейін)					
7	анықталған жоқ	6,2	0,69	0,052	0,48
НР-08, 1 фракция (>1,25 мм)					
8	5,2	4,71	0,14	<0,02	<0,1
9	анықталған жоқ	анықталған жоқ	8,2	0,048	0,21
НР-08, 2 фракция (0,5-тен 1,25 мм дейін)					
10	0,26	209	9,1	0,049	1,31
11	1,7	2530	10,6	0,048	1,15
12	анықталған жоқ	280	10,5	0,038	0,36
13	анықталған жоқ	анықталған жоқ	7,4	0,048	0,21
14	анықталған жоқ	анықталған жоқ	0,77	0,049	0,41
НР-09, 1 фракция (>1,25 мм)					
15	5,45	8,71	<0,005	0,052	<0,1
16	6,32	7,90	0,20	0,065	0,67
НР-09, 2 фракция (от 0,5 до 1,25 мм)					
17	анықталған жоқ	1,2	0,23	0,050	0,042
18	анықталған жоқ	3,72	0,008	<0,02	<0,1
19	1,61	2,26	0,18	0,045	0,77
НР-10, 1 фракция (>1,25 мм)					
20	9,6	9,6	0,010	0,067	0,089
21	11,7	8,7	0,009	0,07	0,10

7-кестеден көретініміз, $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ изотоптар қатынасы ССП түрлі телімдерінде іріктеп алынған түрлі фракциялардың бөлшектері үшін аз мәндер аралығында өзгереді (<0,02-ден 0,07 дейін).

Бірақ $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ изотоптар қатынасы үшін басқаша жағдай тән. Бұл изотоптардың табиғи арақатынасы $^{235}\text{U}/^{238}\text{U} \approx 0.0072$ құрайды. Бұл мәндерге жақыны тек төрт бөлшектер үшін ^{235}U және ^{238}U қатынастары, бұл бөлшектер сынама НР-09 бірінші фракциясынан ($^{235}\text{U}/^{238}\text{U} < 0,005$) және екінші ($^{235}\text{U}/^{238}\text{U} = 0,008$) фракциясынан сынама НР-10 бірінші фракциясынан ($^{235}\text{U}/^{238}\text{U} = 0,01$ және $0,009$) бөлінген. Қалған барлық бөлшектер үшін бұл қатынас 0,14-тен 10,6 дейінгі диапазонда өзгереді. $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ қатынастарының аса үлкен мәндері НР-08 сынама үшін байқалады (алаң П-2, гидроядролық жарылыс).

2.2.4. «Ыстық» бөлшектердің электрондық және протондық микроскопиясы

Бөлінген «ыстық» бөлшектердегі радиоактивті изотоптардың, оның ішінде плутоний изотоптарының жоғары құрамының бар болуының өзі өте маңызды факт. Алайда бөлшектің көлемі бойынша белсенділіктің таралу сипатының мәселесі анықталмаған болып қалады. $^{239+240}\text{Pu}$ изотоптарының құрамын өлшеу үшін пайдаланылатын гамма-және альфа-спектрометрия әдістері бұл сұраққа жауап бермейді. Сонымен қатар бұл ақпарат «ыстық» бөлшектің қалыптасу механизмін түсінуге мүмкіндік беретін еді. Мысалы, егер бөлшек ядролық зарядтың белсенділігінің топырақ заттегімен бірігу нәтижесінде пайда болса, онда радиоактивті изотоптардың көлем бойынша таралуы жеткілікті тегіс болуы керек. Сондай-ақ, егер топырақ бөлшектері жоғары емес температура мен қысым жағдайында радиоактивті бұлтпен өзара әрекеттессе, онда бөлшектің беткі қабатында белсенділіктің тұнуы жүруі қажет болатын. Бұл жағдайда радиоактивті изотоптар «ыстық» бөлшектердің тек жербеткі қабаттарында ғана болуға тиіс.

«Ыстық» бөлшектердің көлемі бойынша белсенділіктің таралуын зерттеу үшін электрондық және протондық микроскоптар қолданылды. Талдау әдістемелері жоғарыда суреттелген. Барлық өлшеулер ауданы 200×200 мкм үлгілердің жеке телімдерін ~ 20 мкм қадаммен біртіндеп сканерлеумен жүргізілді. Элементтердің жербеткі таралуының талдауынан соң бөлшектің шлифі жүрді де, бетін сканерлеу қайта басталды. Шлифтің қалыңдығы ~ 150 мкм құрады. Әр зерттеліп жатқан бөлшек үшін 3 шлиф жасалды.

Химиялық элементтердің көлемді таралуын талдау бірінші гранулометриялық фракцияның «ыстық» бөлшектері үшін (диаметрі 1,25 мм аса) жүргізілді. Бұл бөлшекті салу бетіне бекіту кезінде және өте ұсақ бөлшектерді пайдалануда оларды тазалау кезінде пайда болған қиыншылықтармен түсіндіріледі.

Жобаны орындау шеңберінде екі пайдаланылатын әдіспен үш «ыстық» бөлшектен зерттелді. Өйткені бұл жұмыстардың негізгі мақсаттарының бірі радиоактивті элементтердің таралу картасын алу болды, талдау үшін сынама HP-08-ден бөлінген белсенді бөлшектер (плутоний бойынша 200-ден 1000 Бк дейінгі белсенділікпен) тандап алынды.

Алынған деректер негізінде келесідей қорытынды жасауға болады:

1. Барлық зерттелген бөлшектердің табиғи беткі қабатында да, сол сияқты шлифтерде де ұқсас орташа элементтік құрамы бар. Бөлшектердің орташа элементтік құрамы типтік топырақтың элементтік құрамына жақын (Al_2O_3 , NaO , Fe_2O_3 оксидтер қосылыстары бар SiO_2 негізі), бұл топырақ материалының «ыстық» бөлшектердің матрицалық негізі болып табылатынын көрсетеді.
2. Ядролық жарылыстар өнімі – элементтер (бәрінен бұрын Pu) «ыстық» бөлшектерде анықталған жоқ. Зерттелген бөлшектердің ішінен аса белсенділері үшін (плутоний бойынша абсолюттік белсенділік шамамен 1000 Бк) элементтердің тегіс таралуы кезінде элементті плутонийдің құрамы бөлшектің көлемі бойынша ~ 25 мкг/г құрауға тиіс. Нүктедегі спектрлардың 1000 секундтық өзгеруі жағдайында плутоний бойынша пайдаланылатын

әдістердің сезімталдылығы электрондық микрозонд үшін ~ 1500 мкг/г және протондық микрозонд үшін ~ 300 мкг/г құрайды. Бөлшектің көлемі бойынша плутонийдің тегіс таралуы кезінде екі әдістің де сезімталдылығы трансуранды элементтердің талдауы үшін жеткіліксіз. Сондықтан екі аналитикалық әдіс те плутонийді тек оның облыстың барлық бөлшегімен салыстыру бойынша аздаған көлемде оқшау жинақталуы кезінде тіркеуге қабілетті.

3. Трансуранды элементтердің ауытқымалы-жоғары құрамы бар телімдер анықталған жоқ. Бұл не плутонийдің оқшаулануы жүрмейтінін және ол «ыстық» бөлшектің көлемі бойынша тегіс тарағанын немесе плутонийдің шоғырлануы бәрібір оның тіркелуі үшін жеткіліксіз екенін көрсетеді.
4. Трансуранды элементтердің облысындағы сезімталдылықты шектеу электрондық микрозонд жағдайында электрондардың тежегіштік сәулеленуі жоғары аялық деңгейімен анықталады. Протондық шоғырда (протондық микрозонд) талдау кезінде жағдай басқаша: трансуранды элементтерге сәйкес (13-тен 18 кэВ дейінгі) рентген кванттардың энергетикалық диапазонындағы аялық сәулеленуі бөлшек заттектеріндегі протондық шоғырда тежегіштік сәулеленуіне байланысты, оның шығуы тежегіштік электрондық сәулеленуінің шығуынан шамамен екі еселікке дейін аз. Сондықтан протондық микрозонд жағдайында әдістің сезімталдылығы, ең алдымен, талдау статистикасымен анықталады, бұл статистиканы әр нүктедегі спектрды өлшеу уақытын ұлғайту есебінен жоғарылатуға болады. Солайынша, элементтік плутонийден рентген сызықтарын тіркеу үшін жеткілікті сезімталдылыққа қол жеткізуге болады. Алайда, бұл «ыстық» бөлшек көлемі бойынша плутонийдің таралуын зерттеудің көп уақытына әкеледі.

2.2.5. «Ыстық» бөлшектердің тығыздығын өлшеу

Жоғарыда суреттелген әдістемеге сәйкес, ССП іріктеп алынған топырақтар сынамаларының 1 және фракциясынан бөлінген 427 «ыстық» бөлшектің тығыздығы өлшенді. 8-кестеде зерттелген бөлшектер тығыздығының орташа мәндері мен құбылуының диапазоны берілген. 8-кестеде көрсетілгендей, әр түрлі сынамалар мен фракциялар үшін «ыстық» бөлшектердің орташа тығыздығы 1,5-тен 3,2 г/см³ дейінгі жеткілікті тар диапазонда өзгереді, бұл кәдімгі топырақ бөлшектерінің тығыздығына жақын. Жекелеген бөлшектер үшін тығыздық 1,16 г/см³ (сынама НР-16, фракция 2) және 4,5 г/см³ (сынама НР-08, фракция 2) мәндеріне жетеді.

8-кесте.

«Ыстық» бөлшектердің орташа тығыздығы мен тығыздықтар құбылуының диапазоны

Сынама	Фракция	Бөлшектер саны	Орташа масса, мг	Массалардың өзгеру диапазоны, мг	Орташа тығыздық, г/см ³	Тығыздықтардың өзгеру диапазоны, г/см ³
НР-01	1	1			2,4	
НР-02	1	1			2,0	
НР-03	1	2			2,2	2,13 – 2,21

Сынама	Фракция	Бөлшектер саны	Орташа масса, мг	Массалардың өзгеру диапазоны, мг	Орташа тығыздық, г/см ³	Тығыздықтардың өзгеру диапазоны, г/см ³
НР-04	1	1			1,7	
НР-04	2	2			1,5	1,35 – 1,61
НР-05	1	1			2,3	
НР-05	2	3			1,6	1,53 – 1,65
НР-08	1	102	5,1	1,2 – 23	2,6	1,81 – 3,9
НР-08	2	30	0,98	0,3 – 3,1	2,7	1,5 – 4,5
НР-09	1	144	8,0		2,1	
НР-09	2	42	3,1		2,0	
НР-11	1	19	4,83		2,2	
НР-11	2	36	1,26		1,5	
НР-16	1	5	5,7	3,0 – 9,5	2,0	1,9 – 2,1
НР-16	2	24	1,2	0,3-3,2	1,8	1,16-4,07
НР-16	3	2	0,30	0,17 – 0,44	3,2	2,7 – 3,7
НР-17	1	3	22	18 – 25	2,6	2,4 – 2,9
НР-18	1	1	4,4		1,7	
НР-19	1	1	13,8		2,9	
НР-20	1	1	3,2		2,0	
НР-20	2	6	6,5	4,0 – 11	2,0	1,8 – 2,3

2.2.6. «Ыстық» бөлшектердің сілтіленуі

Плутонийдің сілтіленуі жеткілікті қиын процедура болып табылады, бұл процедура зерттеліп жатқан нысандардың санына шектеу қоятын трассердің (²³⁶Pu) көп мөлшерін талап етеді. Сондықтан әдіснама жағынан бір НР-08 сынамасынан бөлінген бөлшектер массивін мүмкіндігінше толықтай зерттеу қабылданды. Мұндай таңдау НР-08 бастапқы сынамасында плутонийдің жоғары құрамына (13067 Бк/г) және бөлінген «ыстық» бөлшектер белсенділіктерінің кең диапазонына байланысты (бір бөлшекке бірден бастап ондаған мың Беккерельге дейін).

Барлығы НР-08 сынамасы 1 және 2 гранулометриялық фракцияларының 11 «ыстық» бөлшегі зерттелді. Салыстыру үшін сондай-ақ НР-09 және НР-10 сынамаларынан екі бөлшектен зерттелді. НР-08 сынамасының бөлшектері белсенділіктердің 0,22 Бк-ден 1740 Бк дейінгі диапазонын қамтиды.

Плутонийді анықтаудың әр түрлі формасы үшін алынған деректер 9-кестеде берілген. Кестеде тоқ сарымен әр бөлшек үшін басым формасы белгіленген.

9-Кесте.

«Ыстық» бөлшектерде плутонийді анықтау формалары

Сынама, фракция	Бастапқы белсенділік, Бк	Плутонийдің түрлі формалары үшін белсенділік, Бк		
		Қозғалмалы (1 M HCl)	Қышқылерігіш (7,5M HNO ₃)	Тығыз бекітілген (сілтіленуден кейінгі қалдық)
НР-08, 1	5,0	2,5	1,9	0,65
НР-08, 1	1740	0,0049	0,003	1740
НР-08, 2	0,22	0,12	0,074	0,027

Сынама, фракция	Бастапқы белсенділік, Бк	Плутонийдің түрлі формалары үшін белсенділік, Бк		
		Қозғалмалы (1 М HCl)	Қышқылерігіш (7,5M HNO ₃)	Тығыз бекітілген (сілтіленуден кейінгі қалдық)
HP-08, 2	15,5	14,8	0,56	0,14
HP-08, 2	206	0,015	0,450	206
HP-08, 2	640	0,150	0,30	640
HP-08, 2	795	0,050	0,190	795
HP-08, 2	902	0,36	2,7	899
HP-08, 2	925	0,037	0,066	925
HP-08, 2	1200	0,810	3,24	1195
HP-08, 2	1550	0,031	0,047	1550
HP-09, 1	2,0	0,022	0,02	1,96
HP-09, 2	1,2	< 0,01	0,026	1,16
HP-10, 1	6,0	0,61	0,006	5,38
HP-10, 1	13,8	0,004	0,006	13,8

«Ыстық» бөлшектердің сілтіленуі нәтижесінде абсолюттік белсенділігі 100 Бк асатын бөлшектерде плутонийдің басым бөлігі (99% жуық) күрделі ерігіш формада, яғни негізінен нашар еритін минералды бөліктің кристалл торшасына кіретінін көрсетеді. Плутонийдің түрлі геохимиялық формаларда табылуы (қозғалмалы, қышқылерігіш, тығыз байланысқан) аз абсолюттік белсенділігі (<100 Бк) бар бөлшектерде (<100 Бк) оның матрица көлемі бойынша тегіс таралмауы және өз қасиеттері мен ерігіштігі бойынша ерекшеленетін қосылыстардың түрлі топтардың құрамына кіруі туралы растайды.

Алынған нәтижелерді плутонийдің қосылыстар құрамына кіруі екі әр түрлі механизмдермен жүрді деген болжаммен түсіндіруге болады:

1. Гетеро-валентті ауысу немесе;
2. Радиоактивті субстанцияның жер бетінде немесе жұқа жербеткі қабатында сіңірілімділік таралуы нәтижесінде химиялық тұрақты матрица көлемінде плутонийдің таралуы.

ҚОРЫТЫНДЫ

Жүргізілген жұмыстардың нәтижесінде анықталғаны:

1. Ядролық сынақтардың әр түрлі типі (жерүсті, ауадағы, экскавациялық) жүргізілген ССП түрлі орындарында («Тәжірибе даласы», «П-2» алаңы, «Атом» көлі, «Телкем-1» алаңы) іріктеп алынған сынамалардың гранулометриялық фракциялар бойынша радионуклидтер белсенділіктері таралуының жалпы ерекшеліктері бар. Жарылыстардың эпицентрларына тікелей жақын орналасқан орындарда сынамалар белсенділіктерінің жалпы үлесі ірі гранулометриялық фракцияларда шоғырланған: әдетте 2 (бөлшектер өлшемі 0,5-тен 1,25 мм дейін), сирек – 1 (>1,25 мм) және 3 (0,28 – 0,5 мм). Бұл сынамалардың белсенділігі ядролық жарылыстар кезінде топырақ бөлшектерінің заряд материалымен өзара әрекеті нәтижесінде қалыптасты.

Эпицентрлардан алыстаған сайын сынамалар белсенділіктерінің максимумы ұсағырақ фракциялар облысына қарай – 6 ($<0,04$ мм) және сирек 4 ($0,112 - 0,28$ мм) және 5 ($0,04 - 0,112$ мм) ауысады. Бұл процесс сынамалардың жалпы белсенділіктерінің азаюымен қоса жүреді. Бұл жағдайда белсенділіктердің жинақталуында ұсақ топырақ бөлшектерінің желмен тасуы анықтаушы рөл ойнайды. Дегелең алаңында іріктеп алынған сынамалар үшін белсенділіктердің таралуында ұсақ гранулометриялық фракциялардың басымдылығы тән. Мұнда топырақ бөлшектерінің штольнядан ағып шығатын топырақ суларымен өзара байланысы нәтижесінде радионуклидтер жинақталады.

2. Топырақтың магнитті фракцияларының жоғары тиесілі белсенділіктері бар. Алайда бұл фракциялардың массасы, әдетте, тиісті магнитті емес фракциялардан көп төмен. Сондықтан сынамалардың көбі үшін абсолюттік белсенділіктердің негізгі үлесі магнитті емес фракцияларда шоғырланған.
3. Көзбен шолу арқылы сәйкестендіру және мәжбүрлі бөліну әдістермен бөлінген «ыстық» бөлшектердің жалпы саны келесілерді құрайды: 1 гранулометриялық фракция үшін – 1734, 2 фракция үшін 1613 және 3 фракция үшін – 324. 1 фракцияның барлық бөлшектерінің 63% және 2 фракцияның бөлшектерінің 74% көзбен шолу арқылы сәйкестендірілген. Сонымен, бөлінудің бұл әдісі ірі гранулометриялық фракциялар үшін аса тиімді болып табылады, бұл жағдайда талдауға қамтылған үлгілердің үлкен массасына байланысты. Мұнымен қатар 1 грамм үлгіге қайта есептеген кезде бөлшектердің көбі мәжбүрлі бөліну әдісімен бөлінеді, бұл оның аса жоғары сезімталдылығымен түсіндіріледі. Сондықтан аздаған массалы (10 грамм дейін) үлгіден «ыстық» бөлшек бөлінген кезде мәжбүрлі бөліну әдісін пайдалану дұрыс деген қорытынды айтуға болады. Үлкен үлгілерден (10 грамм жоғары) «ыстық» бөлшектерді көзбен шолу арқылы сәйкестендіру әдісімен бөлген аса тиімді.
4. Көптеген сынамалар үшін бөлінген «ыстық» бөлшектердің орташа абсолюттік белсенділіктері 1 фракция үшін 60 Бк, 2 фракция үшін 4,5 Бк және 3 фракция үшін 3,1 Бк аспайды. Бұған кірмейтіні – НР-08 сынамасы, бұл сынама үшін ұқсас параметрлер 1248, 1107 және тиісінше 102 Бк құрайды.
5. Барлық бөлінген бөлшектердің тиесілі белсенділіктері тиісті гранулометриялық фракциялардың тиесілі белсенділіктерінен бірнеше есеге асады. Бұл қабылданған «ыстық» бөлшек түсінігінің анықтамасына сәйкес бөлінген белсенді пайда болулар шындығында нысандардың осы санына жататынын көрсетеді.
6. Бөлінген бөлшектер сыртқы түрлері бойынша ерекшеленді. Бұл «ыстық» бөлшектердің ауқымды құрылымын қалыптасуының түрлі жағдайларымен түсіндіріледі.
7. Ірі гранулометриялық фракцияларынан бөлінген (7,0) «ыстық» бөлшектер үшін $^{(239+240)}\text{Pu}/^{(241)}\text{Am}$ орташа қатынасы НР-08 барлық сынамасы үшін осы

- изотоптарға жақын. $(^{239+240}\text{Pu}/^{241}\text{Am})$ изотоптары арақатынастарының стандартты ауытқуы НР-08 сынаманың түрлі бөлшектері үшін 5,4% аспайды, бұл бөлінген бөлшектердің жалпы генезисіне көрсетеді.
8. ССП әр түрлі телімдерінде іріктеп алынған түрлі фракциялардың бөлшектері үшін $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ изотоптарының қатынастары мәндердің аздаған аралығында өзгереді ($<0,02$ -ден $0,07$ дейін). $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ изотоптарының қатынастары үшін біраз басқаша жағдай тән. Бұл изотоптардың табиғи арақатынасы $^{235}\text{U}/^{238}\text{U} \approx 0,0072$ құрайды. Бұл мәнге тек сынама НР-09 бірінші ($^{235}\text{U}/^{238}\text{U} < 0,005$) және екінші ($^{235}\text{U}/^{238}\text{U} = 0,008$) фракцияларынан және сынама НР-10 бірінші ($^{235}\text{U}/^{238}\text{U} = 0,01$ және $0,009$) фракциясынан бөлінген төрт бөлшек үшін ^{235}U және ^{238}U қатынастары жақын. Қалған барлық бөлшектер үшін бұл қатынас $0,14$ -тен $10,6$ дейінгі диапазонда өзгереді. $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ қатынастардың аса жоғары мәндері сынама НР-08 (П-2 алаңы, гидроядролық жарылыс) үшін байқалады.
 9. Электрондық және протондық микроаймақтардың көмегімен зерттелген барлық бөлшектердің табиғи беті сияқты шлифтердің ұқсас орташа құрамы бар. Бөлшектердің орташа элементтік құрамы типтік топырақтардың элементтік құрамына жақын (Al_2O_3 , NaO , Fe_2O_3 оксидтердің қоспалары бар SiO_2 негізі), бұл топырақтар «ыстық» бөлшектердің матрицалық негізі болып табылатынын көрсетеді.
 10. Әр түрлі сынамалар мен фракциялар үшін «ыстық» бөлшектердің орташа тығыздығы $1,5$ -тен $3,2 \text{ г/см}^3$ дейінгі жеткілікті тар диапазонда өзгереді, бұл кәдімгі топырақтық бөлшектердің тығыздығына жақын.
 11. «Ыстық» бөлшектердің сілтіленуі нәтижесінде абсолюттік белсенділігі 100 Бк асатын бөлшектерде плутонийдің басым бөлігі (99% жуық) күрделі ерігіш формада, яғни негізінен нашар еритін минералды бөліктің кристалл торшасына кіретінін көрсетеді. Плутонийдің түрлі геохимиялық формаларда табылуы (қозғалмалы, қышқылерігіш, тығыз байланысқан) аз абсолюттік белсенділігі ($<100 \text{ Бк}$) бар бөлшектерде ($<100 \text{ Бк}$) оның матрица көлемі бойынша тегіс таралмауы және өз қасиеттері мен ерігіштігі бойынша ерекшеленетін қосылыстардың түрлі топтардың құрамына кіруі туралы растайды. Алынған нәтижелерді плутонийдің қосылыстар құрамына кіруі әр түрлі екі механизммен жүрді деген болжаммен түсіндіруге болады:
 1. Гетеро-валентті ауысу немесе;
 2. Радиоактивті субстанцияның жер бетінде немесе жұқа жербеткі қабатында сіңірілімділік таралуы нәтижесінде химиялық тұрақты матрица көлемінде плутонийдің таралуы.

Авторлар ұжымы В.Н. Солодухнге, С.И. Мульгинге, Л.Д. Матиенкоға, Н.Г. Кияткинаға, Л.М. Назаренкоға, С.Б. Субботинге, А.В. Платовқа, Е.Л. Ермаковқа, В.Л. Левинге жүргізілген зерттеулерге белсене қатысқаны және қолдағаны үшін алғысын білдіреді.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. Семей полигоны орналасқан жердегі радиологиялық және радиологиялық емес ластанулардың сипаттамасы: XFTO K-053-96 жобасы бойынша қорытынды техникалық есеп / жоба менеджері Сиражет Хажекбер. –1999, желтоқсан.
2. Прохоров В.М. Топырақтағы радиоактивті ластанулардың жылыстауы / В.М. Прохоров. – М.: Энергобасылым, 1981. – Б.10-58.
3. Bunzl K. Probability for detecting Hot Particles in Environmental Samples by Sample Splitting / K. Bunzl // *Analyst*. –1997. –V. 122. P. 653-656.
4. Bunzl K. Detection of Radioactive Hot Particles in Environmental Samples by Repeat Mixing / K. Bunzl // *Appl. Radiat. Isot.* –1998. – V. 49. – No. 12. – P. 1625-1631.
5. Debertin K. Gamma- and X-ray spectrometry with semiconductor detectors / K. Debertin, R.G. Helmer. – North-Holland: Amsterdam, 1988.
6. Knyazev B.B. The instrumental method of plutonium determination / B.B. Knyazev, I.V. Kazachevskiy, V.P. Solodukhin, S.N. Lukashenko, M.K. Knatova, V.V. Kashirskiy // *Czechoslovak Journal of Physics*. – 2002. –Vol. 52. – P. A45-A5.
7. Beasley T. M. Isotopic Pu, U, and Np Signatures in Soils from Semipalatinsk-21, Kazakh Republic and the Southern Urals, Russia. *J. Environ* / T. M. Beasley, J.M. Kelley, K.A. Orlandini, L.A. Bond, A. Aarkrog, A.P. Trapeznikov, V.N. Pozolotina // *Radioactivity*. – 1998. – Vol.39. – No.2. –P. 215-230.
8. Belayev B.N. Atomnaya Energiya / B.N. Belayev, V.M. Gavrilov, V.D. Domkin [et al.]. – 1997. – V.83. – № 4. – С. 298-304.
9. Krey P.W. Transuranium Nuclides in the Environment: Proc. Symp.(San Francisco, 17-21 November, 1975) IAEA-SM-199/39. / P.W. Krey, E.P. Hardy, C. Pachucki [et al.]. – Vienna: IAEA, 1976. – P. 671-677.
10. McCormick A. Thermal-Ionization Mass Spectrometry for Small Sample Analysis of Uranium and Plutonium /A. McCormick // *Appl. Radiat. Isot.* – Vol.43. – No. ½. – P. 271-278.
11. Shihomatsu H.M. Trace Uranium Analysis by Isotope Dilution Alpha and Mass Spectrometry and Comparison with Other Techniques / H.M. Shihomatsu, S.S. Iyer. // *Nucl. Instr. Meth. In Phys. Recearh*, A280. – 1989. –С. 488-491.
12. Mit A.G. Modernization of the mass-spectrometer MI-1201 in conformity to the tasks of isotopic analysis of glazed stratum and solid particles. Sem. «The converse in the national collaboration» / A.G. Mit, L.M. Nazarenko, E.M. Yakushev. – Almaty, 1996.
13. Kadyrzhanov K.K. Techniques used at the national nuclear centre's institute of nuclear physics for studying soil probes and soil fragments at the semipalatinsk nuclear test site / K.K. Kadyrzhanov, V.P. Solodukhin, I.V. Kazachevskiy, S. Khazhekber, S.N. Lukashenko, G.N. Chumikov, M.F. Verestchak, A. Eliseev, A.K. Zhetbaev, L.M. Nazarenko, S.P. Pivovarov, A. Platov, A.B. Rukhin, T.A. Seredavina, P.V., Chakrov E.M. Yakushev // *Nuclear Physical Methods in*

- Radioecological Investigations of Nuclear Test Sites. – Printed in the Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2000. – P. 17-42.
14. Kelman V.M. Electro-optical elements of prism mass-spectrometer / V.M. Kelman, S.P. Karetzkaya, L.V. Fedulina, E.M. Yakushev //Pub. «Science». – Alma-Ata, 1979.
 15. Сипаттамалы рентген сәулеленулердің әлсізденуі толық массалы коэффициенттерінің кестесі. – Әдістемелік ұсыныстар / Н.И. Комяктың жалпы басш.; құрастырғандар: О.С. Маренков, Б.Г. Комков. – ЛНПО: Буревестник», 1978. – 274 б.

ИССЛЕДОВАНИЯ И СИСТЕМАТИЗАЦИЯ «ГОРЯЧИХ» ЧАСТИЦ В ПОЧВАХ СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА

¹Горлачев И.Д., ¹Квочкина Т.Н., ¹Князев Б.Б., ²Лукашенко С.Н.

¹ Институт ядерной физики НЯЦ РК, Алматы, Казахстан

**² Институт радиационной безопасности и экологии НЯЦ РК,
Курчатов, Казахстан**

На территории Семипалатинского испытательного полигона (СИП) было проведено 456 ядерных взрывов. Состав и распределение радионуклидов для каждого типа загрязнения почв различны. Одним из основных источников активности почв являются «горячие» частицы с размерами от десятков микрон до единиц миллиметров. Отношение активности «горячих» частиц к общей активности образца определяется природой ядерного испытания. Знание физико-химических свойств «горячих» частиц необходимо для прогнозирования степени миграции радиоактивных продуктов в окружающей среде и для оценки опасности внешнего и внутреннего облучения человеческого организма.

Целью представленной работы было выделение «горячих» частиц из проб почв, отобранных в местах проведения разных типов ядерных испытаний, их систематизация и изучение физико-химических особенностей как почвенных фракций, так и отдельных «горячих» частиц. Всего было отобрано 20 проб почв, 7 из которых на «Опытном поле», 2 – на «Атомном» озере, 3 – на площадке «Телкем-1», 3 – на участке П-2 и 5 проб соответствуют штольням 177, 139, 503, 609 площадки «Дегелен». Все пробы были исследованы на наличие «горячих» частиц методами визуальной идентификации и вынужденного деления. В общей сложности было выделено более 3000 «горячих» частиц из крупных гранулометрических фракций (размер частиц более 0,28 мм). В мелких гранулометрических фракциях частицы не выделялись, а лишь подсчитывалось их содержание. Для отдельных «горячих» частиц определены абсолютные и удельные активности, плотности, отношение изотопов $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$, $^{239+240}\text{Pu}/^{241}\text{Pu}$ и $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$, средний элементный состав и исследованы формы нахождения в них плутония. Был разработан подход для выявления присутствия, оценки количества и средней активности «горячих» частиц, основанный на анализе стандартных отклонений скоростей счета гамма и рентгеновских линий. При выполнении исследований использовались как традиционные аналитические методы, такие как гамма-, альфа- и масс-спектрометрии, рентгенофлуоресцентный анализ, так и специально разработанные нетрадиционные подходы, ориентированные на возможности Института ядерной физики.

RESEARCH AND SYSTEMATIZATION OF "HOT" PARTICLES IN THE SOILS OF SEMIPALATINSK TEST SITE

¹I.D. Gorlachev, ¹T.N. Kvochkina, ¹B.B. Knyazev, ²S.N. Lukashenko

1. Institute of Nuclear Physics NNC RK, Almaty, Kazakhstan

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

At the Semipalatinsk Test Site (STS) 456 nuclear explosions were carried out. The composition and distribution of radionuclides for each type of soil pollution is different. One of the main sources for activity of soils are "hot" particles with dimensions of tens of microns to several millimeters. The ratio of activity of the "hot" particles to the total activity of the sample is determined by the nature of the nuclear test. Knowledge of physical and chemical properties of "hot" particles is needed to predict the extent of migration of radioactive products in the environment and for assessing the risk of external and internal exposure of the human body.

The aim of the present work was the selection of "hot" particles from soil samples taken in areas of different types of nuclear tests, their classification and study of physico-chemical characteristics of soil fractions as well as individual "hot" particles. There were taken 20 soil samples, 7 of which from "Experimental field" site, 2 – from "Atomic" lake, 3 – from "Telkem-1", 3 – from P-2 site and 5 samples from tunnels 177, 139, 503, 609 area of "Degelen" site. All samples were tested for the presence of "hot" particles by methods of visual identification and induced fission. A total 3,000 "hot" particles were taken from large granulometric fractions (particle size is more than 0.28 mm). In the small granulometric fractions no particles were allocated, but only their content was counted. For some "hot" particles there were determined the absolute and specific activity, density, ratio of isotopes $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$, $^{239+240}\text{Pu}/^{241}\text{Pu}$ и $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$., average elemental composition and studied plutonium speciation in them. An approach has been developed to detect the presence, estimate the number and average activity of "hot" particles, based on the analysis of standard deviations of counting rates of gamma and X-ray lines. During the studies there have been used both traditional analytical methods such as gamma, alpha and mass spectrometry, roentgen-fluorescent analysis, and specially developed innovative approaches focused on the capabilities of the Institute of Nuclear Physics.

УДК 577.391:504.064:539.16

**ЖЕРҮСТІ ЯДРОЛЫҚ СЫНАҚТАР ӨТКІЗІЛГЕН АУДАНДА
(«ТӘЖІРИБЕ ДАЛАСЫ» АЛ.) АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ
ДАҚЫЛДАРЫНЫҢ ТЕХНОГЕНДІ РАДИОНУКЛИДТЕРДІ
ЖИНАҚТАУ ЕРЕКШЕЛІГІ**

**Қожаханов Т.Е., Лукашенко С.Н., Ларионова Н.В.,
Иванова А.Р., Келлер С.А.**

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

Бұл мақалада бұрынғы Семей сынақ полигонының (ССП) «Тәжірибе даласы» алаңының радиоактивті-ластанған аумағында өсірілген ауыл шаруашылығы дақылдарының техногенді радионуклидтерді жинақтау нәтижелері келтірілген. Жасалған жұмыстардың нәтижесінен, зерттеліп жатқан өсімдіктердің вегетативті және генеративті мүшелерінде техногенді радионуклидтердің таралуы мен жинақталуының ерекшеліктері анықталды. Өсімдік шаруашылығы өнімдерінде ^{137}Cs , ^{90}Sr , $^{239+240}\text{Pu}$ және ^{241}Am жинақталу коэффициенті алынды, бұл нәтиже ССП аумағының бөліктерін халық шаруашылығына пайдалануға беру мүмкіндігін бағалау барысында аталған радионуклидтердің шоғырлануына болжау жасау үшін қажет. Зерттеліп жатқан өсімдіктердің өсіру типтеріне қатысты радионуклидтердің жинақталу коэффициентіне байланыстылығы анықталды. ССП аумағының «Тәжірибе даласы» алаңындағы кәтерлі радионуклид ^{90}Sr болып табылады.

Түйінді сөздер: радиоактивті ластану, радионуклидтер, америций-241 (^{241}Am), цезий-137 (^{137}Cs), стронций-90 (^{90}Sr), плутоний-239+240 ($^{239+240}\text{Pu}$), ауыл шаруашылық (а/ш) дақылдары, тиесілі белсенділік (ТБ), жинақталу коэффициенті (Жк), негізгі ауылшаруашылық (өсімдік) өнімі, рауалы тиесілі белсенділік (РТБ).

КІРІСПЕ

Радиоактивті-ластанған аумақтарда ауыл шаруашылығын жүргізумен байланысты мәселелерді шешу өсімдік шаруашылығы өнімдеріндегі радионуклидтердің шоғырлануын төмендетуге бағытталған шаралар кешенінде жетекші орындардың бірін алады [1–4]. Ядролық энергетикалық цикл кәсіпорындарындағы апаттар нәтижесінде радиоактивті ластануға ұшыраған аумақтарда орындалған зерттеулер көптеген радиологиялық жағдайларда тұрғындардың ішкі сәулеленуінің құрамында радионуклидтер бар азық-түлік өнімдерін тұтыну есебінен жиынтық дозаға үлесі салыстырмалы екенін, тіпті сыртқы сәулеленудің үлесінен жоғары екенін көрсетті [1, 5].

Қазіргі кезге дейін ССП аумағында жүргізілген барлық зерттеулер табиғи биогеоценозда радионуклидтердің қайта таралуы мен жылыстауын зерттеумен, сондай-ақ мал шаруашылығы өнімдері сапасының бағасына байланысты. ССП аумағында радионуклидтердің ауыл шаруашылық өнімдерімен жинақталу ерекшеліктерін зерттеу бойынша жұмыстар бұрын жүргізілген жоқ.

Ауыл шаруашылық дақылдарының өнімінде техногенді радионуклидтердің жинақталуының сандық сипаттамасын зерттеуге әр түрлі топырақтық-климаттық жағ-

дайларда жүргізілген жұмыстар мөлшері арналған [1–5]. Жоғарыда айтылғандарға қарамастан, әлемдік әс-тәжірибеде бұрынғы ССП аумағына тән топырақтық-климаттық жағдайларда жүргізілген осы сияқты жұмыстар іс жүзінде жоқ. Алғашқы рет радионуклидтердің ауыл шаруашылық дақылдарымен жинақталу ерекшеліктерін және өсімдіктердің жекелеген мүшелері бойынша таралуын зерттеу бойынша мұндай жұмыстар ССП аумағында «Тәжірибе даласы» алаңында 2010 ж. басталды. Радионуклидтердің ауыл шаруашылық дақылдарымен жинақталуын зерттеу қажеттілігі ССП аумағында оның жерлерін шаруашылықта пайдалануға беру бойынша көлемді жұмыстар жағдайында пайда болды.

Жұмыстың негізі мақсаты жерүсті ядролық сынақтар жүргізу ауданында өсіру кезінде техногенді радионуклидтердің ауыл шаруашылық дақылдарымен жинақталу ерекшеліктерін зерттеу болып табылды. Жинақталған радионуклидтерді зерттеу тұрғысынан ерекше қызығушылықты аталған аймақ үшін аудандастырылған ауыл шаруашылығы дақылдары көрсетті.

²³⁹⁺²⁴⁰Pu және ²⁴¹Am ауыл шаруашылық өнімдерінде жинақталу сипатын зерттеу маңызды сұрақ болып қалады, олар бойынша деректер тіпті әлемдік зерттеулердің жалпылама материалдарында өте сирек кездеседі [6]. Трансурандық топ радионуклидтерінің ауыл шаруашылық дақылдарымен жинақталу ерекшеліктерін зерттеу біздің жұмысымыздың басты міндеттерінің бірі болды, өйткені осы радионуклидтердің ССП аумағындағы және оның маңайында радиациялық ахуалға әсері олардың жартылай ыдырауын (жүздеген және мыңдаған жылдар) ескере отыра, уақыт өте келе өсетін болады.

1. ТӘЖІРИБЕНІҢ ЖАСАЛУЫ

Ауыл шаруашылық дақылдарында радионуклидтердің жинақталуын зерттеу бойынша табиғи тәжірибені жүргізу үшін ең бірінші трансурандарға жататын: ²³⁹⁺²⁴⁰Pu және ²⁴¹Am радионуклидтерінің жоғары құрамымен сипатталатын «П-2» техникалық алаңы ауданында аумақ таңдап алынды. Топырақтың жербеткі көкжиегіндегі радионуклидтердің құрамы (0-5 см) мына деңгейде тұр: ²⁴¹Am – $n \cdot 10^4$ Бк/кг, ¹³⁷Cs – $n \cdot 10^3$ Бк/кг, ⁹⁰Sr – $n \cdot 10^3$ Бк/кг және ²³⁹⁺²⁴⁰Pu- $n \cdot 10^5$ Бк/кг [7].

Топырақ бейінінде [7] техногенді радионуклидтердің таралуы туралы бұрын алынған деректер негізінде зерттеулер жүргізу үшін «Тәжірибе даласы» алаңында топырақтағы ²³⁹⁺²⁴⁰Pu және ²⁴¹Am трансуранды радионуклидтерінің жоғары құрамымен сипатталатын «П-2» техникалық алаңы таңдап алынды. Зерттеліп жатқан аумақтың табиғи топырақ-өсімдік жамылғысы ақшыл-қызғылт топырақтармен және далалық аралас шөптермен берілген.

Зерттеу нысандары ретінде 5 өсімдік топтарына жатқызылған ауыл шаруашылық өсімдіктерінің 12 түрі таңдап алынды, бұл өсімдіктердің тағамға пайдаланатын бөлігіне: дақылды, тамырылы, жапырақты, түйнекті көкөністер түйнектермен байланысты болды.

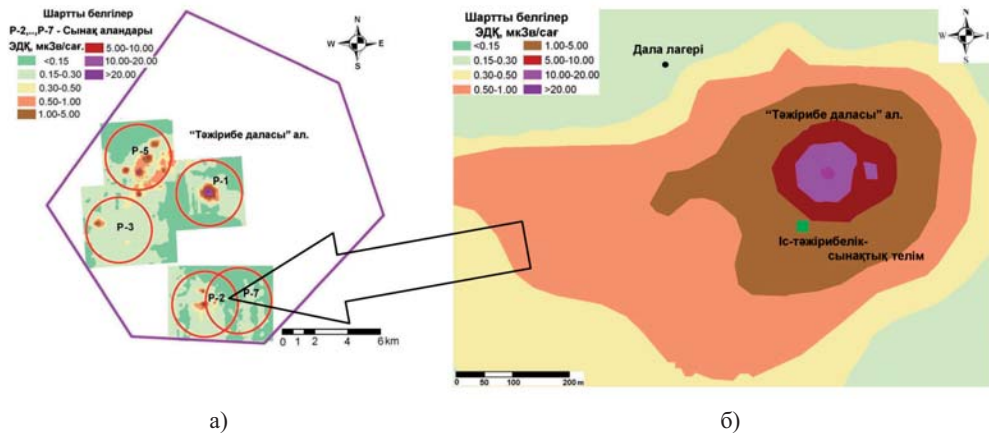
Зерттеліп жатқан өсімдіктерді отырғызу аймақтың табиғи-климаттық жағдайларын ескере отыра, ауыл шаруашылық дақылдарының таңдап алынған түрлері үшін ұсынылған мерзімдерде жүргізілді.

Жер өңдеу жүйесі өзіне келесі шараларды қосты: агротехникалық (топырақты қопсыту, беткі қабатын тегістеу, арам шөптерді жұлуды) және суландыру (жасанды суландыру). Жер өңдеудің агрохимиялық тәсілдері (тыңайтқыштар мен басқа да химиялық заттектерді пайдалану) аталған фактордың әсерінсіз ауыл шаруашылық өсімдіктерде радионуклидтердің жинақталу ерекшеліктері туралы деректерді алу мақсатында қолданылған жоқ.

Зерттеліп жатқан аумақта, 2010 жылғы мамырдан қыркүйекке дейінгі кезеңде метеорологиялық жағдайларға бақылау жүргізілді [8].

1.1. Сынақтық – іс-тәжірибелік телім

Топырақ бетінен 0-5 см биіктікте жүргізілген дозиметриялық өлшеулер (β -бөлшектер ағынының тығыздығы мен эквиваленттік доза қуаты (ЭДҚ)) негізінде П-2 алаңында біртекті рельефі мен топырақтың тегіс радионуклидті ластану деңгейі бар сынақтық – іс-тәжірибелік телім таңдап алынды. Таңдап алынған телім дозиметриялық өлшеулердің келесі көрсеткіштерімен сипатталады: β -бөлшектер ағыны тығыздығының мәндер диапазоны 90–120 бөлшек/минут*см², γ -сәулеленудің эквиваленттік доза қуаты – 0,95–1,18 мкЗв/сағ. құрайды. Таңдап алынған телімнің ауданы ~200 м². Сынақтық – іс-тәжірибелік телімнің орналасу сұлбасы 1-суретте берілген.



1-Сурет. ССП алаңдарындағы сынақ алаңдары (а) мен «Тәжірибе даласы» алаңының сынақтық - іс-тәжірибелік телімнің (б) орналасу сұлбасы

2.1. Зерттеу нысандары

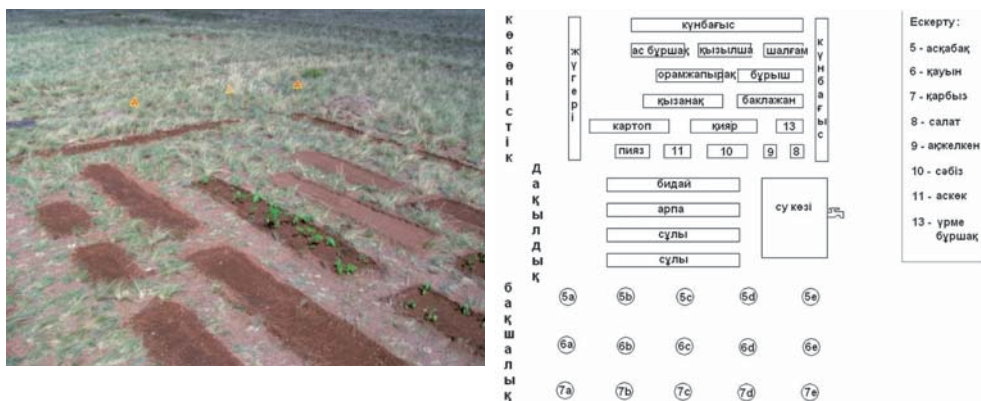
Іс-тәжірибелік ауыл шаруашылығы өсімдіктері ретінде тұрғындар және жеке шаруашылықтар ұсынған, ССП аумағынан тыс, аталған аймақтың аридті климатының топырақтық-климаттық жағдайларда, жасанды суландыру кезінде өсірілетін дақылдар түрі таңдап алынды. Зерттеу үшін таңдап алынған дақылдар кестеде берілген (1-кесте).

Зерттеліп жатқан ауыл шаруашылық өсімдіктері

№ р/р	Ауыл шаруашылық дақылдарының түрлері	Сұрыпы
1	қарбыз (<i>Citrullus vulgaris</i>)	«Огонек» және «Шуга-Бэби»
2	қауын (<i>Cucumis melo</i>)	белгісіз
3	қызанақ (<i>Solanum lycopersicum</i>)	жергілікті
4	бұрыш (<i>Capsicum annuum</i>)	жергілікті
5	баялды (<i>Solanum melongena</i>)	жергілікті
6	орамжапырақ (<i>Brassica oleracea</i>)	жергілікті
7	ақжелкен (<i>Petroselinum vulgare</i>)	«Обыкновенная»
8	сәбіз (<i>Daucus carota</i>)	«Шантанэ»
9	пияз (<i>Allium cepa</i>)	«Касатик»
10	бидай (<i>Triticum vulgare</i>)	«Белоозерка»
11	арпа (<i>Hordeum vulgare</i>)	«Мещанский»
12	үрме бұршақ (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	«Красная»

1.3. Тәжірибелік телімді жоспарлау және ауыл шаруашылық дақылдарын отырғызу

Тәжірибелік телім үш негізгі секторға бөлінді (бақшалық, дақылдық және көкөніс дақылдары), бөлінулердің орналасу сұлбасы 2-суретте берілген.



а)

б)

2-Сурет. Сынақтық - іс-тәжірибелік телімнің көктемдегі жалпы түрі (а), бөлінулердің орналасу сұлбасы (б)

Бөліну ауданы отырғызылатын материалдың санына және өсімдіктер орналасуының тығыздығына байланысты 0,25 м² –ден 2 м² дейін құрады. Отырғызу аудандары мен отырғызу тәсілдерінің сипаттамалары кестеде берілген (2-кесте).

2-Кесте

Бөліну ауданы мен отырғызу материалдарының саны

А/ш дақылдары	Отырғызу материалының түрі	Отырғызу материалының саны	Отырғызу ауданы, м ²	Отырғызу тәсілі	Отырғызу тығыздығы, дана/м ²
қарбыз	тұқым	25 дана	1,25	шаршы-ұяшықты	20
қауын	тұқым	25 дана	1,25	шаршы-ұяшықты	-
қызанақ	көшет	15 дана	1,5	кең қатарлы	10
бұрыш	көшет	26 дана	1,25	кең қатарлы	20,8
баялды	көшет	19 дана	1,25	кең қатарлы	15,2
орамжапырақ	көшет	15 дана	1,25	кең қатарлы	12
ақжелкен	тұқым	1-2 г	0,25	таспалық	-
Сәбіз	тұқым	1-2 г	0,75	таспалық	-
Пияз	себетін тұқым*	42 дана	0,35	үзік сызықпен	120
	тұқым	0,5-1 г	0,5	үзік сызықпен	-
Бидай	тұқым	60 г	2	тар қатарлы	-
Арпа	тұқым	50 г	2	тар қатарлы	-
үрме бұршақ	тұқым	19 дана	0,5	тұтас қатармен	38
Ескерту: *- пиязшық, диаметрі 2 см дейін					

Біздің табиғи-климаттық аймақ үшін ұсынылған мерзімге салыстырғандағы тәжірибелік ауыл шаруашылық дақылдарын отырғызу мерзімі кестеде берілген (3-кесте) [9].

3-Кесте.

Ауыл шаруашылығы дақылдарын отырғызу мерзімдері

Ауыл шаруашылық дақылдары	Тұқымдар мен көшеттерді отырғызу мерзімдері	
	Іс-тәжірибелік (2010 ж.)	Қазақстан үшін ұсынылған
қарбыз	15 мамыр	сәуірдің аяғы – мамырдың басы
қауын	15 мамыр	сәуірдің аяғы – мамырдың басы
қызанақ	18 мамыр	1-15 мамыр
бұрыш	18 мамыр	1-15 мамыр
баялды	18 мамыр	1-15 мамыр
орамжапырақ	29 мамыр	1-10 мамыр *
ақжелкен	15 мамыр	1-20 сәуір
сәбіз	16 мамыр	1-20 сәуір
пияз	16 мамыр	1-20 сәуір
бидай	15 мамыр	10-20 мамыр
арпа	15 мамыр	15-25 мамыр
үрме бұршақ	18 мамыр	1-15 мамыр

1.4. Агротехникалық және суландыру шаралары

Топырақты отырғызу алдында дайындау келесі агротехникалық шараларды қосады: 20–25 см тереңдікке қазу, жоғарғы қабатты тегістеу және арам шөптерді жою. Тыңайтқыштар енгізілген жоқ, өйткені аталған фактордың әсерінсіз радионуклидтердің жинақталуы туралы деректер алу қажет болатын.

Құрғақ климат жағдайларында ауыл шаруашылығы дақылдарын өсіру үшін табиғи суландыру (ары қарай суару) жүйесі пайдаланылды. Топырақ суларын пайдалану мүмкіндігінің жоқтығына байланысты, суару таза тасымалданатын сумен, жаңбырлату (су сепкішпен) немесе бөлінулер бойынша су жіберу арқылы жүзеге асырылды. Суару үнемі жүргізілді (аптасына 4 рет) – көкөніс дақылдары үшін, қажетінше (аптасына 2 рет) – дәнді дақылдар және бақшалық үшін. Суару мөлшері 1 м² суару үшін орташа алғанда 1 м² (көкөністер үшін) және 0,06 м³ (дақылдық және бақшалық үшін) құрады.

2. ЗЕРТТЕУ ӘДІСТЕРІ

2.1. Метеорологиялық параметрлерді өлшеу

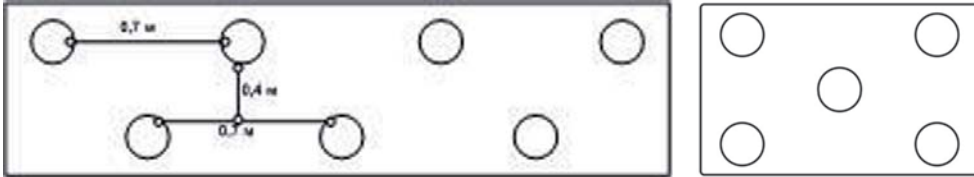
2010 жылғы мамырдан қыркүйекке дейінгі кезең ішінде метеорологиялық жағдайларға бақылау жасалды. Қоршаған ортаның температурасын өлшеу TCH-13 маркалы сыртқы термометрді пайдалану арқылы (рұқсатты дәлсіздігі $\pm 1,0^{\circ}\text{C}$) «Vantage Pro 2» ұтқыр сандық метеостансасы (температуралық диапазоны –40-тан 65⁰C дейін) пайдалану арқылы жүргізілді, бұл станса келесі метеорологиялық параметрлерді: ауаның температурасын және салыстырмалы ылғалдылықты, атмосфералық қысымды, жауын-шашынды, желдің жылдамдығы мен бағытын анықтайды. Метеорологиялық деректерді бекіту таңертеңгі, күндізгі және кешкі сағаттарда – 8⁰⁰ – 9⁰⁰ сағ., 13⁰⁰ –14⁰⁰ сағ. және тиісінше 19⁰⁰ – 20⁰⁰ сағ. жүргізілді.

2.2. Ауыл шаруашылық өсімдіктерінің және топырақтың сынамаларын іріктеп алу

Ауыл шаруашылық өсімдіктерінің сынамаларын іріктеп алу олардың негізгі өнімдерінің пісіп-жетілуіне байланысты, соңынан өсімдіктің жерүсті және жерасты бөліктерін іріктеп алумен жүргізілді. Іріктеп алудан соң дереу, дала жағдайларында, өсімдік сынамалары өсу мүшелері бойынша бөлінді және дымқыл түрде өлшенді. Өсімдік сынамалары полиэтилен пакеттерге салынды және төлқұжатпен қамтамасыздандырылды [15]. Бұған кірмейтіндері: аудандары өсімдіктер өсіп шыққан бөлінулерді ескере отыра алынған бақшалықтар. Барлығы 39 өсімдік сынамалары іріктеп алынды (өсімдіктердің жеке мүшелері бойынша).

Өсімдік сынамаларын іріктеп алумен бірге топырақ сынамаларын іріктеп алу да қатар жүргізілді. Сынамаларды іріктеп алу үшін диаметрі – 3,5 см және ұзындығы – 20 см, цилиндр формалы металл сынама іріктегіш пайдаланылды. Зерттеліп жатқан өсімдіктің тамыры жатқан топырақ тереңдігі 10 см аспауына байланысты, сынамалар 10 см тереңдікке сынама іріктегішпен іріктеп алынды. Шаршы формалы бөлінулерде топырақ сынамаларын іріктеп алу конверт әдісімен жүргізілді, ал ұзын тік бұрышты формалы бөлінулерде сынамалар іріктеп алудың 0,7 м сызықты қадамымен іріктеп

алынды (орташа алғанда 1 м²-ға 5,3 сынама). Кейбір дақылдардың бөлінулеріндегі топырақ сынамаларын іріктеп алу мысалы суретте берілген (3-сурет). Іріктеп алудан соң топырақ сынамалары біріктірілді, араластырылды және әр бөліну үшін кварталта әдісімен орта есепке келтірілді.



3-Сурет. Қызанақ пен бұрыштың бөлінуінің (а), пияздың, ақжелкеннің және қарбыздың бөлінулерінің (б) сынамаларын іріктеп алу сұлбасы, О – сынамаларды іріктеп алу нүктесі

2.3. Радионуклидтік құрамын анықтау

Өсімдіктер мен топырақтардың сынамаларын дайындау

Өсімдік сынамалары жуылды және 2–3 рет дистилденген сумен шайылды, сынамалардың тұрақты массасына дейін 80–100°C температура кезінде кептіру шкафында кептірілді және секатордың көмегімен 1–3 см ұзындыққа дейінгі ірі ұсатуға ұшырады. ¹³⁷Cs және ²⁴¹Am гамма-спектрометриялық өлшеулер үшін зертхана диірменінде өсімдік сынамаларын 1 мм-де бөлшектер өлшеміне дейін ұсату қосымша жүргізілді. Массасы 5–50 г, құрғақ, ұсатылған және араластырылған өсімдік сынамалары өлшеніп, гамма-спектрометриялық өлшеулерге жіберілді.

²³⁹⁺²⁴⁰Pu және ⁹⁰Sr анықтау үшін өзіне термикалық шоғырлануды: көмірлену және күлденуді қосқан үгітілген құрғақ сынаманың қосымша өңделуі жүргізілді. Көмірлену төзімді пеште немесе түтін тоқтағанша және қара қалдық алынғанға дейін суырынды шкафта электр плитада қыздыру арқылы жүргізілді. Ары қарай сынамалар салқындатылды, үгітілді және одан әрі күлдену үшін кәрлен табақшаға, бақыршықтарға салынды. Сынамалардың күлденуі төзімді пеште 550°C температурада ары қарай ⁹⁰Sr және 650°C — ²³⁹⁺²⁴⁰Pu анықтау үшін жүргізілді. Күл алынған соң күл салынған табақ эксикаторда салқындатылды. Алынған күл қалдығы араластырылды және өлшенді, әр өсімдік сынамасының күлдену коэффициенті анықталды. Ары қарай радиохимиялық бөліну үшін және ары қарай ⁹⁰Sr ²³⁹⁺²⁴⁰Pu өлшеу үшін 1–10 г беткі қабаты алынды.

Топырақ сынамалары кептіру шкафтарында 60–70 °C температура кезінде ауадай-құрғақ жағдайына дейін кептіріледі. Ірі тастар мен қосылыстарды алып тастаған соң (өсімдік тамырлары) техникалық таразыда өлшенді. Ары қарай сынаманың барлық көлемі мұқият араластырылды, кәрлен келіде келсаппен біртіндеп (өлшеммен) үгітілді, сосын тесіктерінің диаметрі 1 мм елеуіш арқылы еленді. Содан кейіне кварталта әдісімен ²⁴¹Am және ¹³⁷Cs ары қарай анықтау үшін топырақтың беткі қабатының 300–500 г, ⁹⁰Sr және ²³⁹⁺²⁴⁰Pu – тиісінше 50 г және 10 г іріктеп алынды.

Радионуклидтік талдау

Топырақ пен өсімдік сынамаларындағы радионуклидтердің тиесілі белсенділігін өлшеу бойынша талдаулар тексерілген зертханалық аппаратурада стандартталған әдіс-

темелік нұсқауларға сәйкес жүргізілді [10, 11]. Топырақ пен өсімдік үшін ^{137}Cs және ^{241}Am радионуклидтердің тиесілі белсенділігін анықтау Canberra GX-2020 гамма-спектрометрінде, топырақ үшін ^{90}Sr – «Прогресс» бета-спектрометрінде, ал радиохимиялық бөлінулері бар өсімдіктер үшін соңынан өлшеуімен «Прогресс» бета-спектрометрінде жүргізілді. $^{239+240}\text{Pu}$ радиохимиялық бөлінулері бар соңынан өлшеуімен Canberra, мод.7401 альфа-спектрометрінде анықталды. Өсімдіктерде ^{137}Cs шоғырлануы құрғақ кептірілген үлгілерде, ^{241}Am , ^{90}Sr және $^{239+240}\text{Pu}$ – соңынан құрғақ заткекке қайта есептеуімен күлде анықталды. Сынаманың типі мен беткі қабатына байланысты анықтау шегі ^{137}Cs бойынша 1–10 Бк/кг құрады (өсімдіктер мен топырақтардың сынамалары үшін құрғақ заткек), ^{241}Am – 1–10 Бк/кг, $^{239+240}\text{Pu}$ – 0,1 Бк/кг және 1 Бк/кг, тиісінше ^{90}Sr – 1–10 Бк/кг құрады. ^{137}Cs және ^{241}Am үшін дәлсіздік 10–20 %, ^{90}Sr – 15–25 %, $^{239+240}\text{Pu}$ – 30 % асқан жоқ.

2.4. Өсімдік үлгілеріндегі радионуклидтердің тиесілі белсенділігін және жинақталу коэффициентін есептеу

Радионуклидтерді топырақтан өсімдіктің жерүсті қабатына ауысу параметрлерін сандық суреттеу үшін қажетті жинақталу коэффициентін (Жк) есептеу радионуклидтің өсімдік массасы бірлігіндегі құрамының радионуклидтің топырақ массасы бірлігіндегі құрамына қатынасы ретінде берілген [12].

Өсімдік өсіру өнімдеріндегі радионуклидтер құрамының мәндері өсімдік өнімінің құрғақ массасы үшін алынған болатын, сондықтан оларды құрғақ массаға қайта есептеу үшін 6-кестеде берілген тәжірибелік деректер пайдаланылды. Радионуклидтердің шоғырлануы келесі түрде есептелді:

$$C_{\text{дымқыл}} = C_{\text{құрғақ}} * K_i \quad (1)$$

$C_{\text{дымқыл, құрғақ}}$ – өсімдіктің дымқыл және құрғақ массасындағы радионуклидтердің шоғырлануы (Бк/кг);

K_i – кептіру коэффициенті.

Кептіру коэффициенті келесідей түрде есептелді:

$$K_i = m_{\text{құрғақ}} / m_{\text{дымқыл}}, \quad (2)$$

$m_{\text{құрғақ, дымқыл}}$ – өсімдік өнімінің құрғақ және дымқыл массасы (кг);

3. НӘТИЖЕЛЕР ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ТАЛҚЫЛАУ

3.1. Табиғи-климаттық жағдайлар

2010 жылғы мамырдан бастап қыркүйекке дейінгі кезең ішінде «Тәжірибе даласы» алаңының аумағындағы «П-2» алаңынан алынған метеорологиялық деректер кестеде берілген (4-кесте).

Зерттеліп жатқан аумақтағы ауа райының метеорологиялық деректері

Табиғи фактор	Ай									
	Мамыр		Маусым		Шілде		Тамыз		Қыркүйек	
	2010 ж	2005–2009 жж*	2010 ж	2005–2009 жж*	2010 ж	2005–2009 жж*	2010 ж	2005–2009 жж*	2010 ж	2005–2009 жж*
Орташа айлық температура, °C min-max, °C	16,6 9-30	18,6	23,1 12-39	23,3	21,1 11-36	25,4	21,5 5,2-37,4	22,3	12,8 —3,4-36,2	14,5
Ауаның орташа айлық салыстырмалы ылғалдылығы, %	-	-	-	-	-	-	42	-	45,9	-
Жауын-шашындар, мм	-	-	-	-	-	-	8,6	-	0	-
Желдің орташа айлық жылдамдығы (max), м/с	-	3,3	-	2,8	-	2,5	2,9	2,8	2,7	2,5
Желдің басым бағыты	-	с, с-ш, с-б	-	с, б	-	ш, с	о-б (27%), с (18%)	с, с-б	о-б (25%) с (20%) б және с-б (10%)	с, с-б, о-б
Ескерту: * — соңғы 5 жыл ішіндегі Семей қ. метеоқызметтердің орташа статистикалық деректері; «-» — деректер жоқ										

Мамыр-шілде үшін деректер тұрмыстық сыртқы термометрдің өлшеулері бойынша, ал тамыз бен қыркүйек үшін «Vantage Pro 2» ұтқыр станциясын пайдалану арқылы алынған.

2005–2009 жылдар аралығындағы кезең үшін орташа статистикалық мәндерден төмен температура бойынша алынған деректерден шығатыны, 2010 жылдың көктем-жаз кезеңі соңғы 5 жыл үшін осыған ұқсас кезеңдерге қарағанда суық болды. Ауаның салыстырмалы ылғалдылығының максималды мәндері күн шыққанға дейінгі таңертеңгі уақытта (00⁰⁰-ден 4⁰⁰ сағ. дейін) 91 % дейін, ал минималды мәні – күндіз (12⁰⁰-ден 18⁰⁰ сағ. дейін) 10 % дейін байқалған. Желдердің осы кезеңдер ішінде бекітілген басым бағыттары аталған аумаққа тән болып табылды. Әр түрлі жылдардағы орташа айлық температуралардың мәндерінің аз айырмашылығына қарамастан, аймақтың күрт-континенталды климатын ескере отырып, көктем-жаз кезеңі аталған аймақ үшін тән деп айтуға болады.

3.2. Зерттеліп жатқан дақылдардың шығымдылығы

Суландырудың (суарудың) жасанды жүйесін ұйымдастыру отырғызылған ауыл шаруашылығы дақылдарын өсіруге және аталған топырақ-климаттық жағдайларда өнім алуға мүмкіндік берді.

Тәжірибелік өсімдіктердің шығымдылығы өсімдіктердің дымқыл салмағы мен іріктеп алу (бөліну) ауданын ескере отыра есептелді. Кейбір дақылдар үшін алынған өнімнің салыстырмалы деректері кестеде берілген (5-кесте) [13–16].

5-Кесте.

Ауыл шаруашылығы дақылдарының шығымдылығы

А/ш дақылдары	Негізгі өнім		K _i	Жинау ауданы, м ²	Алынған шығымдылық, ц/га	Орташа шығымдылық, ц/га
	дымқыл масса, г	құрғақ масса, г				
Қарбыз	144,5	14,9	0,10	1,00	~15	101**
Қауын	54,8	4,8	0,09	1,00	~6	101**
Қызанақ	674,9	100,2	0,15	1,50	~45	405**
Бұрыш	586,9	40,9	0,07	1,25	~47	170*
Баялды	204,5	13,8	0,07	1,25	~16	300*
Орамжапырақ	652,8	184,8	0,28	1,25	~52	276**
Ақжелкен	20,7	10,6	0,51	0,25	~8	200*
Сәбіз	1078,5	162,2	0,15	0,75	~144	188**
Пияз	себілген	314,7	48,8	0,16	~90	150*
	тұқым	125,4	16,4	0,13	~25	180*
Бидай	45,9	37,1	0,81	2	2,3	5**
Үрме бұршақ	181,4	91,1	0,50	0,50	~36	80*
Ескерту: * – ТМД бойынша деректер ** – Қазақстан бойынша деректер, K _i – кептіру коэффициенті						

Картоп шығымдылығы орташастатистикалықтан жоғары болып шықты, бұл бәрінен бұрын тыңайған топырақтарды пайдалану мен үнемі суаруға байланысты болды.

Ауыл шаруашылығы дақылдарының алынған шығымдылығы зерттеліп жатқан аумақта картопты, шалғам мен сәбізді өсіру тек жасанды суландыру мен қарапайым агротехникалық тәсілдерді пайдалану кезінде мүмкін деген қорытынды жасауға мүмкіндік береді. Үрме бұршақтың, пияз, бұрыш, қызанақ, бидай және қарбыздың шығымдылығы осы дақылдар үшін әдеби көздерде берілген орта көрсеткіштерден 2–7 есе төмен. Жер өңдеудің біз таңдап алған тәсілдерін пайдаланған кездегі қалған а/ш дақылдары шығымсыз болды.

Сонымен, жер өңдеудің тиісті тәсілдер кешенін (топырақты техникалық өңдеу және дайындау, суландыру жүйесін және тиісті суару көлемін таңдау, тыңайтқыш енгізу, зиянкестермен және өсімдіктердің ауруымен күрес және т.б.) пайдаланусыз аталған аумақта өнім алуға қол жеткізу қиын болады деп ұйғарым жасауға болады.

3.3 Радиоактивті ластану жағдайларында өсірілген ауыл шаруашылық өсімдіктеріндегі техногенді радионуклидтердің жинақталу коэффициенттері

Зерттеліп жатқан өсімдіктер мен топырақтардағы радионуклидтердің тиесілі белсенділігінің (ары қарай «ТБ») алынған мөлшерлерінің негізінде (6-кесте) зерттеліп жатқан өсімдіктер үшін, ²⁴¹Am, ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr және ²³⁹⁻²⁴⁰Pu жинақталу коэффициенті (ЖК)

есептеп шығарылды. Барлық өсімдік үлгілері үшін ^{90}Sr (0,0019–8,65) ЖК мәндерінің диапазоны 4 еселікті, $^{239-240}\text{Pu}$ (0,0004–0,29) Жк 3 еселікті, ^{241}Am (0,00023–0,035) және ^{137}Cs (0,0021–0,103) Жк – 2 еселікті құрайды. Радионуклидтердің ЖК мәндерінің таралуы Lg ЖК кездесу жиілігі түрінде берілген (4-сурет).

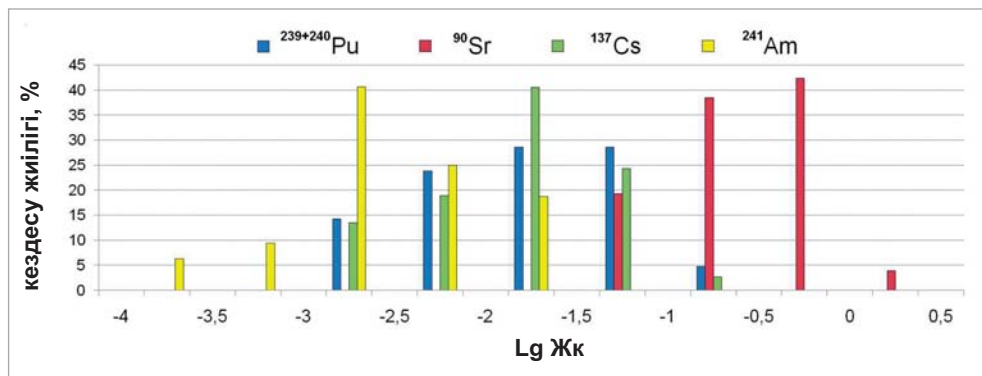
6-Кесте.

Өсімдіктер мен топырақтардағы радионуклидтердің тиесілі белсенділігі

А/ш дақылдары	Сынамалар типі	Тиесілі белсенділік, Бк/кг (ауадағы-құрғақ жағдайда)			
		^{241}Am	^{137}Cs	$^{90}\text{Sr}^*$	$^{239-240}\text{Pu}$
қарбыз	жемісі	$0,24 \pm 0,12$	$5 \pm 0,2$	-	< 4
	жерүсті бөлігі**	$9,7 \pm 0,4$	89 ± 1	-	163 ± 13
	тамырлары	$6,2 \pm 1,4$	53 ± 3		-
	топырақ	1000 ± 100	2200 ± 200	2000 ± 500	3480 ± 210
қауын	жемісі	$0,8 \pm 0,4$	$4,9 \pm 0,7$	-	-
	жерүсті бөлігі	$5,9 \pm 0,4$	56 ± 2	3050 ± 16	136 ± 11
	тамырлары	$2,8 \pm 0,7$	26 ± 2	-	-
	топырақ	1100 ± 100	2400 ± 200	2000 ± 400	3100 ± 200
қызанақ	жемісі	$0,32 \pm 0,11$	$6 \pm 0,4$	$< 1,5$	< 3
	жапырақтары	$6,3 \pm 0,3$	55 ± 1	640 ± 6	120 ± 20
	сабақтары	$1,6 \pm 0,3$	$15,3 \pm 0,7$	1020 ± 8	18 ± 3
	тамырлары	$34,3 \pm 0,7$	250 ± 2	700 ± 8	880 ± 40
	топырақ	1400 ± 100	2500 ± 300	2700 ± 500	3000 ± 800
бұрыш	жемісі	$0,5 \pm 0,2$	$2,5 \pm 0,3$	$< 2,3$	$< 2,16$
	жапырақтары	$2,4 \pm 0,2$	$26,8 \pm 0,5$	650 ± 5	61 ± 9
	сабақтары	$1,7 \pm 0,2$	$14,9 \pm 0,6$	1100 ± 10	10 ± 3
	тамырлары	$1,5 \pm 0,4$	22 ± 1	390 ± 8	65 ± 6
	топырақ	670 ± 70	1200 ± 100	1700 ± 400	5600 ± 500
баялды	жемісі	-	-	$< 5,1$	130 ± 20
	жапырақтары	$4,7 \pm 0,4$	$45,6 \pm 1,4$	950 ± 8	120 ± 20
	сабақтары	$0,7 \pm 0,2$	$5 \pm 0,4$	980 ± 10	10 ± 3
	тамырлар	$1,8 \pm 0,3$	$16,2 \pm 0,7$	360 ± 5	38 ± 4
	топырақ	690 ± 70	1100 ± 100	1200 ± 300	2350 ± 220
орамжапырақ	жапырақтары	$0,85 \pm 0,15$	$12,3 \pm 0,5$	780 ± 5	$5,3 \pm 2,4$
	сабақтары *	$3,2 \pm 0,5$	$21,1 \pm 1,1$	60 ± 2	105 ± 5
	тамырлар	$13,3 \pm 0,4$	$89,2 \pm 1,1$	107 ± 3	270 ± 10
	топырақ	1100 ± 100	1500 ± 200	1800 ± 400	4800 ± 300
ақжелкен	жапырақтары	$1,5 \pm 0,3$	12 ± 1	78 ± 6	-
	тамырлары	$0,7 \pm 0,1$	$6,7 \pm 0,4$	$< 3,2$	-
	топырақ	390 ± 40	540 ± 50	520 ± 230	13800 ± 700
сәбіз	жапырақтары	$0,9 \pm 0,2$	$10,5 \pm 0,4$	97 ± 3	$4,8 \pm 2,2$
	тамыржемісі	$0,83 \pm 0,08$	$4,6 \pm 0,2$	380 ± 5	108 ± 15
	топырақ	530 ± 50	690 ± 70	990 ± 270	3600 ± 500
түйінді пияз (тұқымы)*	жапырақтары	20 ± 1	60 ± 2	550 ± 16	35 ± 10
	пиязшығы	7 ± 1	46 ± 3	234 ± 6	20 ± 5
	топырақ	570 ± 60	1100 ± 100	770 ± 280	3000 ± 200
түйінді пияз (себілетін)	жапырақтары	$1,7 \pm 0,2$	$14,9 \pm 0,6$	232 ± 3	$23,9 \pm 2,4$
	пиязшығы	$2,2 \pm 0,5$	22 ± 1	1070 ± 13	45 ± 15
	топырақ	1100 ± 100	2000 ± 200	2300 ± 400	4900 ± 300

А/ш дақылдары	Сынамалар типі	Тиесілі белсенділік, Бк/кг (ауадағы-құрғақ жағдайда)			
		^{241}Am	^{137}Cs	$^{90}\text{Sr}^*$	$^{239-240}\text{Pu}$
бидай	дәні	< 1,85	4±2	-	-
	дән қабығы	3,2±1,3	6,8±2,3	< 1,8	-
	сабақтары	<3,4	30,5±4,2	8300±35	-
	тамырлары	8,1±2,8	109±10	46±3	-
	топырақ	560	1100	960±300	4600±600
арпа	сабақтары	2,5±0,6	15±1	89±4	-
	тамырлар	15,3±2,2	93±7	95±3	-
	топырақ	890±90	900±90	870±290	5800±500
үрме бұршақ	қыны	< 0,68	1,26±0,7	46±2	-
	жапырақтары	< 2,2	17,6±3,4	470±7	-
	сабақтары	< 1,4	< 3,1	370±6	-
	тамырлары	3,46±1,14	18,7±2,5	-	-
	топырақ	320±30	530±50	700±220	5700±100

Ескерту: * – өзектері, жерүсті бөлігі, ** – жапырақтары + сабақтары, «-» – сынамалар талдауда



4-Сурет. Барлық зерттелген өсімдік үлгілері үшін $\lg \text{Жк } ^{241}\text{Am}$, ^{137}Cs , ^{90}Sr және $^{239-240}\text{Pu}$ мәндерінің таралуы

Радионуклидтердің зерттеліп жатқан өсімдіктермен жинақталуындағы айырмашылықты сандық бағалау үшін $^{90}\text{Sr} \text{ Жк} / ^{137}\text{Cs} \text{ Жк}$ (23,6), $^{137}\text{Cs} \text{ Жк} / ^{239-240}\text{Pu} \text{ Жк}$ (2,1), $^{239-240}\text{Pu} \text{ Жк} / ^{241}\text{Am}$ (5,4) Жк қатынастары есептеп шығарылды. Сонымен, егер ^{241}Am жинақталу коэффициентін зерттеліп жатқан өсімдіктер үшін бірлік деп қабылдасак, онда келесідей азаятын қатар құруға болады:

$$\text{Жк } ^{90}\text{Sr} > \text{Жк } ^{137}\text{Cs} > \text{Жк } ^{239-240}\text{Pu} > \text{Жк } ^{241}\text{Am}$$

$$267,6 \pm 59,8 \quad 11,3 \pm 2,7 \quad 5,4 \pm 1 \quad 1$$

Біздің жағдайда $^{90}\text{Sr} \text{ Жк}$ зерттелген қалған радионуклидтердің Жк көп асуын (екі еселікке дейін) және $^{137}\text{Cs} \text{ Жк}$ мен $^{239-240}\text{Pu} \text{ Жк}$ арасындағы аздаған айырмашылықты атап өтуге болады, бірақ олар сонда да $^{241}\text{Am} \text{ Жк}$ асады.

^{241}Am , ^{137}Cs , ^{90}Sr және $^{239-240}\text{Pu}$ алынған Жк бағалау үшін әлемдік зерттеулердің жалпыланған деректерінде ауыл шаруашылығы өсімдіктері үшін келтірілген ұқсас Жк салыстыру жүргізілді [6].

Әлемдік іс-тәжірибеде дақылды өсімдіктердің жекелеген мүшелері үшін радионуклидтердің жинақталу бойынша деректер жеткіліксіз және олар биологиялық ерекшеліктері бойынша біріккен өсімдіктер топтары үшін берілген, ал дақылдардың нақты бір түрлері бойынша нақты деректер жоқ, біз өсімдіктердің зерттеліп жатқан дақылдарының шартты түрде жатқызылатын топтары үшін Жк мәндерін алдық (7-кесте).

7-Кесте.

Ауыл шаруашылығы өсімдіктері үшін радионуклидтердің Жк

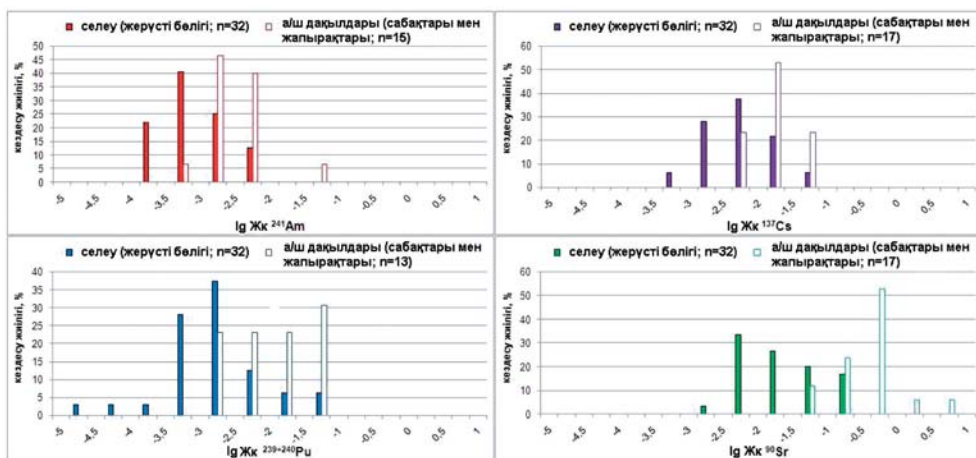
Өсімдік топтары	Өсімдіктердің зерттеліп жатқан түрлері	мүшесі	Ж _к							
			²⁴¹ Am		¹³⁷ Cs		⁹⁰ Sr		²³⁹⁻²⁴⁰ Pu	
			Тәжірибелік	[6]	Тәжірибелік	[6]	Тәжірибелік	[6]	Тәжірибелік	[6]
Жапырақсыз көкөністер	қарбыз	жімсі, пиязшығы	2,5*10 ⁻⁴	2,3*10 ⁻⁵ – (8)**	2,3*10 ⁻³	6,3*10 ⁻³ – 3,0*10 ⁻¹ (5)*	-	9,0*10 ⁻¹ – 2,3 (3)*	1,1*10 ⁻³	6,0*10 ⁻⁶ – 2,0*10 ⁻⁴ (8)*
	қауын		7,3*10 ⁻⁴		2,0*10 ⁻⁴		-		-	
	бұрыш		7,5*10 ⁻⁴		2,1*10 ⁻³		<1,4*10 ⁻³		3,9*10 ⁻⁴	
	баялды		-		-		<4,3*10 ⁻³		5,5*10 ⁻²	
	қызанақ		2,3*10 ⁻⁴		2,4*10 ⁻³		<5,6*10 ⁻⁴		1,0*10 ⁻³	
	пияз (тұқым)		1,2*10 ⁻²		4,2*10 ⁻²		3,0*10 ⁻¹		6,7*10 ⁻³	
	пияз (себетін)		2,0*10 ⁻³		1,1*10 ⁻²		4,7*10 ⁻¹		9,2*10 ⁻³	
Жапырақ-ты көкөністер	орамжапырақ	жапырақтары	7,7*10 ⁻⁴	6,0*10 ⁻⁵ – 4,1*10 ⁻⁴ (2)*	8,2*10 ⁻³	3*10 ⁻⁴ – 7,3*10 ⁻¹ (119)*	4,3*10 ⁻¹	4,1*10 ⁻² – 5,0 (84)*	1,1*10 ⁻³	2,8*10 ⁻⁴ (1)*
Тамыржіемістілер	сәбіз	тамыржіемістері	1,6*10 ⁻³	7,3*10 ⁻⁴ – 1,7*10 ⁻³ (3)**	6,7*10 ⁻³	1,0*10 ⁻³ – 1,6*10 ⁻¹ (21)*	3,8*10 ⁻¹	4,4*10 ⁻² – 4,5 (16)*	3,0*10 ⁻²	7,0*10 ⁻⁵ – 5,8*10 ⁻³ (4)**
	ақжелкен	жапырақтары	3,9*10 ⁻³	-	2,2*10 ⁻²	9,0*10 ⁻³ – 4,3*10 ⁻² (2)*	1,5*10 ⁻¹	-	-	1,1*10 ⁻³ – 4,9*10 ⁻³ (5)
Дәнділер	бидай	дән	<3,3*10 ⁻³	1,0*10 ⁻⁶ – 3,4*10 ⁻² (3)*	3,6*10 ⁻³	8,0*10 ⁻⁴ – 2,0*10 ⁻¹ (158)*	-	1,6*10 ⁻² – 7,2*10 ⁻¹ (71)*	-	3,5*10 ⁻⁷ – 3,1*10 ⁻⁴ (10)*
Бұршақ тұқымдастар	үрме бұршақ	Тұқымдары бар қын	<2,1*10 ⁻³	2,2*10 ⁻⁵ – 7,9*10 ⁻⁴ (12)**	2,4*10 ⁻³	1,0*10 ⁻³ – 4,2*10 ⁻¹ (42)*	7,0*10 ⁻²	1,7*10 ⁻¹ – 4,6 (68)*	-	3,7*10 ⁻⁵ – 1,5*10 ⁻⁴ (18)**
Ескерту: * – құмсазды топырақтар үшін, ** – құмдақтар үшін; жақшада (n) – жұмыстар саны; «-» – деректер жоқ.										

Жк тәжірибелік деректер аспайды немесе негізгі ауыл шаруашылығы өсімдіктері үшін әлемдік зерттеулердің жалпыланған деректерінен аспайды немесе соған шамалас. Түйінді пияз (тұқымдарымен салынған) және үрме бұршақ (тұқымдары бар қын) үшін ^{241}Am Жк ғана ерекше, бұл Жк жалпыәлемдік деректерден 1 еселікке жоғары және қызанақ, баялды, қарбыз (жемістері), пияз (пиязшықтары) үшін $^{239-240}\text{Pu}$ Жк 1–2 еселікке жоғары.

А/ш өнімдері ластанбаған радионуклидтермен алу мәселесінде нақты шараларды қабылдау үшін Жк жалпыланған әлемдік деректерді біздің табиғи-климаттық жағдайларымызда пайдалану дұрыс емес. Берілген мөлшерлер дұрыс емес, өйткені олар үлкен диапазонда құбылады (2–5 еселікке) және Қазақстандағы тән жағдайлардан ерекшеленетін табиғи-климаттық жағдайларда алынған. Сонымен, әлемдік зерттеулердің Жк ССП аумақтары үшін тек бағыттаушы ретінде пайдалануға болады. Тәжірибе барысында алынған Жк а/ш өсімдіктері үшін радионуклидтердің жинақталу ерекшеліктерін және олардың өсімдік мүшелері бойынша таралуы аса нақты көрінеді.

Қазіргі уақытта ССП аумағында «Тәжірибе даласы» ал. алынған далада өсетін өсімдіктер үшін Жк деректері бар. ССП аумағында өсімдіктермен радионуклидтердің жинақталу ерекшеліктерінің жалпы суретін көзге елестету үшін далада өсетін өсімдіктер мен а/ш дақылдары үшін алынған Жк деректерін салыстыру жүргізілді, өйткені олар бірдей топырақтық-климаттық жағдайларда өсіп шықты («Бұрынғы ССП «Тәжірибе даласы» алаңында топырақтан дала экожүйелері өсімдіктеріне жасанды радионуклидтердің өту ерекшеліктері» – Н.В. Ларионова және т.б.).

Дала өсімдігі (селеу – *Stipa capillata*) және тәжірибелік а/ш дақылдарының басым түрлерінен біреуінің жерүсті бөлігі үшін радионуклидтердің Жк салыстырмалы таралуы lg Жк кездесу жиілігінің гистограммаларында берілген (5-сурет).



5-Сурет. ССП аумағында «Тәжірибе даласы» ал. селеу (*Stipa capillata*) мен а/ш дақылдарының жерүсті бөлігі үшін ^{241}Am , ^{137}Cs , ^{90}Sr және $^{239-240}\text{Pu}$ lg Жк таралуы

Берілген гистограммалар негізінде дала өсімдігі – селеуге (*Stipa capillata*) қатысты а/ш дақылдары үшін үлкен мөлшерлер жағына қарай барлық радионуклидтердің Жк мәндерінің көрінетіндей араласуын атап өтуге болады.

Әдебиеттерде көрсетілгендей [17], өсімдіктердің радионуклидтердің жинақталуына қабілеттілігі олардың түр ерекшеліктерімен ғана анықталмайды, сонымен қатар көп факторларға, бірінші кезекте, өсіру жағдайларына байланысты. А/ш өсімдіктері суарылуы тек атмосфералық жауын-шашындардан ғана тәуелді дала өсімдіктеріне қарағанда жасанды (қосымша) суландыру кезінде өсірілді. Радиоактивті заттектердің жылыстауының олардың өсімдікке түсуіне топырақтың су режимін өзгертетін суландыру әсер етеді, әдеби көздерде болжамдар бар және осымен дақылдар мен дала өсімдіктері үшін радионуклидтердің жинақталуының ерекшеліктерінің қалыптасқан суреті түсіндіріледі. Жұмыста [1] өсімдіктердегі радионуклидтердің жинақталуына суландырудың әсері нәтижесінде радиоактивті заттектердің қозғалмалығы және өсімдіктердің тамыр жүйесі үшін қол жетімділігі өзгертетін су режимінің өзгеруіне, сондай-ақ өсімдіктерге минералды элементтердің түсу көлеміне және олардың жеке мүшелері бойынша тасымалдануына, физиологиялық процестердің өзгеруіне байланысты.

3.4. Ауыл шаруашылығы өсімдіктерінің вегетативтік және генеративтік мүшелері бойынша радионуклидтердің таралу сипаты

Түрлі тұқымдастардың зерттеліп жатқан өсімдіктердің жеке мүшелерінде радионуклидтердің таралуын бағалау үшін кестеде берілген, алынған Жк салыстыру жүргізілді (8–18 – кестелер). Аса көрнекі болуы үшін және түрлі ауыл шаруашылығы дақылдарының вегетативтік және генеративтік мүшелерінде радионуклидтердің Жк мәндерін салыстыру үшін түрлі тұқымдастардың өсімдіктері үшін Жк алынған деректері негізгі өнімдегі (жемістері, жапырақтары, тамыржемістері, пиязшықтары, дәні) ²⁴¹Am Жк мәндеріне нормаландырылды.

8-Кесте.

Асқабақ тұқымдас өсімдіктердің мүшелеріндегі радионуклидтердің Жк

А/ш дақылдары	Сынама типi	Жк	$\frac{Жк_1}{Жк_2}^{**}$	Жк	$\frac{Жк_1}{Жк_2}$	Жк	$\frac{Жк_1}{Жк_2}$	Жк	$\frac{Жк_1}{Жк_2}$
		²⁴¹ Am		¹³⁷ Cs		⁹⁰ Sr		²³⁹⁻²⁴⁰ Pu	
қарбыз	жемісі	0,00025	1	0,0023	9	-	-	0,0011	4,4
	ж.ү.б.*	0,01	40	0,040	160	-	-	0,047	187
	тамыры	0,0064	26	0,024	96	-	-	-	-
қауын	жемісі	0,00073	3	0,0020	8	-	-	-	-
	ж.ү.б.*	0,0054	22	0,023	93	1,5	6100	0,044	176
	тамыры	0,0026	10	0,011	43	-	-	-	-
Ескерту: * – өсімдіктің жерүсті бөлігі (сабақтары + жапырақтары), ** – қарбыз жемісіндегі ²⁴¹ Am жинақталу коэффициентінің (Жк ₁) өсімдіктің түрлі мүшелеріндегі қалған радионуклидтерінің жинақталу коэффициентіне (Жк ₂) қатынасы, «-» – деректер жоқ									

Түрлі тұқымдас өсімдіктердегі жекелеген радионуклидтердің Жк ұқсас болған кезде (мәндердің үлкен емес диапазонында тұр), ал басқасында айырмашылығы үлкен (2-еселікке дейін), бұл болжамның үлкен үлесі бар бір тұқымдас өсімдіктердің жекелеген мүшелері үшін радионуклидтердің Жк орташа мәндерін есептеу проблема болды. Алайда Жк орташа мәндерін бастапқы мақсаттар үшін, яғни өсімдік үлгілеріндегі радионуклидтердің құрамын болжамды бағалау үшін пайдалануға болады. Кестеде (9-кесте) асқабақ тұқымдас өсімдіктер үшін түрлі мүшелердегі радионуклидтердің, жемісіндегі Жк бірлікке тең болған жағдайда, Жк болжамды орташа мәндері берілген.

9-Кесте.

Асқабақ тұқымдас өсімдіктердің мүшелері бойынша радионуклидтердің таралу сипаты.

Асқабақ тұқымдастар	Жк			
	²⁴¹ Am (min-max)	¹³⁷ Cs (min-max)	⁹⁰ Sr (min-max)	²³⁹⁻²⁴⁰ Pu (min-max)
	n	n	n	n
Жемістері	<u>2 (1-3)</u> 2	<u>8 (8-9)</u> 2	-	4,4
ж.ү.б.	<u>30 (22-40)</u> 2	<u>120 (93-160)</u> 2	6100	<u>180 (176-187)</u> 2
Тамырлары	<u>20 (10-26)</u> 2	<u>70 (43-96)</u> 2	-	-
Ескерту: жақшада – Жк минималды және максималды мәндері, n – сынамалар саны, «-» – деректер жоқ				

Кестеден көргеніміздей, асқабақ тұқымдас өсімдіктер үшін ²⁴¹Am және ¹³⁷Cs жинақталу мөлшерінің азы жемістері үшін, ал үлкен мөлшері өсімдіктердің жерүсті бөлігі үшін алынған. Асқабақ тұқымдас өсімдіктердің мүшелері бойынша аталған радионуклидтердің таралу сипаты ұқсас және келесідей кему қатарын құрады:

жерүсті бөлігі > тамырлары > жемістер

10-кесте.

Алка тұқымдас өсімдіктердің мүшелеріндегі радионуклидтердің Жк

А/ш дақылдары	Сынама типі	Жк	$\frac{Жк_1}{Жк_2}$	Жк	$\frac{Жк_1}{Жк_2}$	Жк	$\frac{Жк_1}{Жк_2}$	Жк	$\frac{Жк_1}{Жк_2}$
		²⁴¹ Am		¹³⁷ Cs		⁹⁰ Sr		²³⁹⁻²⁴⁰ Pu	
қызанақ	жемістер	0,00023	1	0,0024	10	< 0,00056	< 2,4	0,001	4
	жапырақтары	0,0045	20	0,022	5	0,24	1000	0,04	170
	сабақтары	0,0011	5	0,0061	5	0,38	1600	0,006	26
	тамырлары	0,024	107	0,1	430	0,26	1100	0,29	1300
бұрыш	жемістер	0,00075	3	0,0021	9	< 0,0014	< 6,1	0,00039	2
	жапырақтары	0,0036	16	0,022	97	0,38	1700	0,011	47
	сабақтары	0,0025	11	0,012	54	0,65	2800	0,0018	8
	тамырлары	0,0022	10	0,018	80	0,23	1000	0,012	50

А/ш дақылдары	Сынама типі	Жк	$\frac{Жк_1}{Жк_2}$	Жк	$\frac{Жк_1}{Жк_2}$	Жк	$\frac{Жк_1}{Жк_2}$	Жк	$\frac{Жк_1}{Жк_2}$
		^{241}Am		^{137}Cs		^{90}Sr		$^{239-240}\text{Pu}$	
баялды	жемістер	-	-	-	-	< 0,0043	< 19	0,055	240
	жапырақтары	0,0068	30	0,041	180	0,79	3400	0,051	220
	сабақтары	0,0010	4	0,0045	20	0,82	3600	0,0043	19
	тамырлары	0,0026	11	0,015	64	0,3	1300	0,016	70
Ескерту: Жк ₁ – қызанақ жемісіндегі ^{241}Am жинақталу коэффициенті; Жк ₂ – өсімдіктердің әр түрлі мүшелеріндегі қалған радионуклидтердің жинақталу коэффициенті, «-» – деректер жоқ									

Алка тұқымдастылар жемісіндегі радионуклидтердің жинақталуы іс жүзінде жоқ, оған кірмейтіні – баялды жемістері үшін $^{239-240}\text{Pu}$ Жк, ол баялдының басқа мүшелері үшін $^{239-240}\text{Pu}$ Жк көп мөлшерде асып кетеді. ^{90}Sr алка тұқымдасты өсімдіктерінің мүшелерінде, жемістерінен басқа, қалған радионуклидтерге қарағанда қарқынды жинақталады.

II-Кесме.

Алка тұқымдас өсімдіктердің мүшелері бойынша радионуклидтердің таралу сипаты

Алка тұқымдастар	Жк			
	^{241}Am (min-max) N	^{137}Cs (min-max) n	^{90}Sr (min-max) n	$^{239-240}\text{Pu}$ (min-max) n
жемістері	$\frac{2}{2}$ (1-3)	$\frac{10}{2}$ (9-10)	< 19	$\frac{120}{3}$ (2-240)
жапырақтары	$\frac{20}{3}$ (16-30)	$\frac{100}{3}$ (5-180)	$\frac{2000}{3}$ (1000-3400)	$\frac{150}{3}$ (47-220)
сабақтары	$\frac{7}{3}$ (4-11)	$\frac{26}{3}$ (5-54)	$\frac{2600}{3}$ (1600-3600)	$\frac{18}{3}$ (8-26)
тамырлары	$\frac{40}{3}$ (10-107)	$\frac{200}{3}$ (64-430)	$\frac{1100}{3}$ (1000-1300)	$\frac{500}{3}$ (50-1300)
Ескерту: жақшада – Жк минималды және максималды мәндері, n – сынамалар саны, «-» – деректер жоқ				

^{241}Am және ^{137}Cs Жк алынған мәндері алка тұқымдас өсімдіктердің мүшелеріндегі жинақталуы бойынша кему қатарын құрауға мүмкіндік береді:

жапырақтары > сабақтары ≥ тамырлары > жемістері

Бұған кірмейтіні қызанақ, аталған радионуклидтердің максимумы тамырларында көрінген.

^{90}Sr алка тұқымдас өсімдіктердің мүшелеріндегі жинақталуы ерекшеленеді және келесідей кему қатарын құрады:

сабақтары > жапырақтары ≥ тамырлары > жемістері

$^{239+240}\text{Pu}$ алка тұқымдас өсімдіктердің мүшелеріндегі жинақталуының келесідей кему қатары бар:

тамырлары ≥ жапырақтары > сабақтары > жемістері

Бұған кірмейтіні баялдың жемістері мен жапырақтары, мұнда максималды мөлшерлер байқалады. ТБ жоғары мәндері мен $^{239+240}\text{Pu}$ тиісінше Жк баялдың жемістерінде, әдебиеттерде көрсетілгендей, радиоактивті бөлшектердің гүл элементтерімен таза механикалық ұсталып тұруына және соңынан оның жемісіне қосылуына байланысты болуы мүмкін [18].

12-Кесте.

Орамжапырақты тұқымдас өсімдіктердің мүшелеріндегі радионуклидтердің Жк

А/ш дақылдары	Сынама типі	Жк	$\frac{\text{Жк}_1^{**}}{\text{Жк}_2}$	Жк	$\frac{\text{Жк}_1}{\text{Жк}_2}$	Жк	$\frac{\text{Жк}_1}{\text{Жк}_2}$	Жк	$\frac{\text{Жк}_1}{\text{Жк}_2}$
		^{241}Am		^{137}Cs		^{90}Sr		$^{239-240}\text{Pu}$	
орамжапырақ	жапырақтары	0,00077	1	0,0082	11	0,43	560	0,0011	1,4
	сабақтары	0,0029	4	0,014	18	0,033	43	0,022	28
	тамырлары	0,012	16	0,059	77	0,059	77	0,056	73

^{241}Am , ^{137}Cs және $^{239+240}\text{Pu}$ Жк алынған мәндері орамжапырақты тұқымдас өсімдіктердің мүшелеріндегі таралуы келесідей:

тамырлары > сабақтары > жапырақтары

^{90}Sr орамжапырақты тұқымдас өсімдіктердің мүшелерінде керісінше түрде және келесідей берілген:

жапырақтары > тамырлары > сабақтары

Өлшеу аппаратурасының анықтау шегінен төмен тұрған кейбір радионуклидтердің ТБ деректері олардың жекелеген мүшелердегі Жк есептеу үшін сандық мәндері ретінде қабылданды (тиісті белгісі «<»»). Сол сияқты мүшелердегі радионуклидтердің Жк қатынастары ^{241}Am Жк бидай дәнінің (13-кесте) және басқа а/ш дақылдары өнімінің түрлі мүшелеріндегі Жк-не қатынастары табылған.

13-Кесте.

Дәнді тұқымдас өсімдіктердің мүшелеріндегі радионуклидтердің Жк

А/ш дақылдары	Сынама типі	Кн	$\frac{\text{Жк}_1^{**}}{\text{Жк}_2}$	Жк	$\frac{\text{Жк}_1}{\text{Жк}_2}$	Жк	$\frac{\text{Жк}_1}{\text{Жк}_2}$	Жк	$\frac{\text{Жк}_1}{\text{Жк}_2}$
		^{241}Am		^{137}Cs		^{90}Sr		$^{239-240}\text{Pu}$	
бидай	дәні	<0,0033	< 1	0,0036	1	-	-	-	-
	Дән қабыршағы	0,0057	2	0,0062	2	0,0019	0,6	-	-
	сабақтары	< 0,0061	< 2	0,028	8	8,6	2600	-	-
	тамырлары	0,014	4	0,099	30	0,048	15	-	-
арпа	сабақтары	0,0028	0,85	0,017	5	0,10	31	-	-
	тамырлары	0,017	5	0,10	31	0,11	33	-	-

Ескерту: «-» – деректер жоқ

Кестеден көрінгендей, дәнді тұқымдастардың өсімдіктерінде радионуклидтердің жинақталуы тамырдан дәнге дейінгі жол бойынша төмендейді. Оған кірмейтіні ^{90}Sr , ол

үшін Жк максималды мәндері сабақтарында байқалады. Дән үшін ^{241}Am және ^{137}Cs Жк салыстыруға болады, ал сабақтары мен тамырларындағы ^{137}Cs жинақталуы бойынша ^{241}Am орташа алғанда 6 есе артық. ^{90}Sr Жк сабақтары мен тамырлары үшін алынған ^{241}Am Жк салыстырғанда бір есеге жоғары. ^{137}Cs және ^{90}Sr жинақталуының арасындағы айырмашылық біртекті емес, өйткені бидай мен арпаның сабақтарында ^{90}Sr қарқынды жинақталады. Бидай тамырларында ^{137}Cs ^{90}Sr қарағанда қарқынды жинақталады, ал арпаның тамырларында іс жүзінде олар бірдей жинақталады.

14-Кесте.

Дәнді тұқымдас өсімдіктер мүшелері бойынша радионуклидтердің таралуы

Дәнді тұқымдастар	Жк			
	^{241}Am (min-max) n	^{137}Cs (min-max) n	^{90}Sr (min-max) n	$^{239-240}\text{Pu}$ (min-max) n
дән	< 1	1	-	-
дән қабыршағы	2	2	0,6	-
сабақтары	< 2 (< 2-0,85) 2	7 (5-8) 2	1300 (33-2600) 2	-
тамырлары	4 (4-5) 2	30 (30-31) 2	24 (15-33) 2	-

Ескерту: жақшада – Жк минималды және максималды мәндері, «-» – деректер жоқ

Дәнді тұқымдастар өсімдіктерінің мүшелеріндегі ^{241}Am және ^{137}Cs таралу сипаты келесідей:

тамырлары > сабақтары > дән қабыршағы > дән.

Дәнді тұқымдастар өсімдіктерінің мүшелеріндегі ^{90}Sr таралуы бір текті емес (сабақтарда және тамырда), мұны келесідей көрсетуге болады:

**сабақтары > тамырлары > дән қабыршағы (бидай);
тамырлары $\geq$ сабақтар (арпа).**

15-Кесте.

Бұршақ тұқымдас өсімдіктер мүшелеріндегі радионуклидтердің Жк

А/ш дақылдары	Сынама типі	Жк	$\frac{\text{Жк}_1}{\text{Жк}_2}$	Жк	$\frac{\text{Жк}_1}{\text{Жк}_2}$	Жк	$\frac{\text{Жк}_1}{\text{Жк}_2}$	Жк	$\frac{\text{Жк}_1}{\text{Жк}_2}$
		^{241}Am		^{137}Cs		^{90}Sr		$^{239-240}\text{Pu}$	
үрме бұршақ	қын	< 0,0021	< 1	0,0024	1	0,07	31	-	-
	жапырақтары	< 0,0069	< 3	0,033	16	0,67	320	-	-
	сабақтары	< 0,0044	< 2	< 0,0058	< 3	0,53	250	-	-
	тамырлары	0,011	5	0,035	17	-	-	-	-

Ескерту: «-» – деректер жоқ

Бұршақ тұқымдастар өсімдіктерінің мүшелеріндегі ^{241}Am және ^{137}Cs таралуының жалпы заңдылығы мынаған ұқсас:

тамырлары > жапырақтары > сабақтары > қыны

Бұршақ тұқымдас өсімдіктердің жерүсті бөлігіндегі ^{90}Sr таралуы:

жапырақтары > сабақтары > қыны

^{90}Sr Жк-і ^{241}Am Жк 2 еселікке, ал ^{137}Cs 1 еселікке асады.

16-кесте.

Балдыркөк тұқымдас өсімдіктер мүшелеріндегі радионуклидтердің Жк

А/ш дақылдары	Сынама типі	Жк	$\frac{\text{Жк}_1}{\text{Жк}_2}$	Жк	$\frac{\text{Жк}_1}{\text{Жк}_2}$	Жк	$\frac{\text{Жк}_1}{\text{Жк}_2}$	Жк	$\frac{\text{Жк}_1}{\text{Жк}_2}$
		^{241}Am		^{137}Cs		^{90}Sr		$^{239-240}\text{Pu}$	
Сәбіз	жапырақтары	0,0017	1	0,015	9	0,098	61	0,0013	0,8
	тамыржемістері	0,0016	1	0,0067	4	0,38	240	0,03	19
Ақжелкен	жапырақтары	0,0038	2	0,022	14	0,15	94	-	-
	тамырлары	0,0018	1	0,012	8	<0,0062	< 4	-	-
Ескерту: «-» – деректер жоқ									

Жоғарыда көрсетілген кестенің алынған деректерінен шығатыны, ^{90}Sr қалған радионуклидтерге қарағанда балдыркөк тұқымдас өсімдіктерде қарқынды жинақталады: ^{90}Sr Жк-і ^{241}Am Жк 2 еселікке дейін, ал ^{137}Cs 1 еселікке дейін. $^{239-240}\text{Pu}$ Жк сәбіз жапырақтары үшін 2 еселікке және тиісінше тамыржемісі үшін 1 еселікке асады.

17-Кесте.

Балдыркөк тұқымдас өсімдіктер мүшелері бойынша радионуклидтердің таралуы

Балдыркөк тұқымдастар	Жк			
	^{241}Am (min-max) n	^{137}Cs (min-max) n	^{90}Sr (min-max) n	$^{239-240}\text{Pu}$ (min-max) n
жапырақтары	$\frac{1,5 (1-2)}{2}$	$\frac{11 (9-14)}{2}$	$\frac{78 (61-94)}{2}$	0,8
тамыржемістері, тамырлары	1	$\frac{6 (4-8)}{2}$	$\frac{120 (< 4-240)}{2}$	19
Ескерту: жақшада – Жк минималды және максималды мәндері, n – сынамалар саны				

Балдыркөк тұқымдастар өсімдіктерінің мүшелеріндегі ^{241}Am және ^{137}Cs таралуы:

жерүсті бөлігі (жапырақтары) > жерасты бөлігі (тамырлары, тамыржемістері)

Балдыркөк тұқымдастар өсімдіктерінің мүшелеріндегі ^{90}Sr және $^{239+240}\text{Pu}$ (сәбіз үшін) таралу сипаты келесідей түрде жүреді:

жерүсті бөлігі > жерасты бөлігі (ақжелкен);

жерасты бөлігі > жерүсті бөлігі (сәбіз)

Лалагүл тұқымдас өсімдіктер мүшелеріндегі радионуклидтердің Жк

А/ш дақылдары	Сынама типі	Жк	$\frac{Жк_1}{Жк_2}$	Жк	$\frac{Жк_1}{Жк_2}$	Жк	$\frac{Жк_1}{Жк_2}$	Жк	$\frac{Жк_1}{Жк_2}$
		²⁴¹ Am		¹³⁷ Cs		⁹⁰ Sr		²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	
түйінді пияз (себетін)	жапырақтары	0,0015	1	0,0075	5	0,10	67	0,0049	3
	пиязшықтары	0,002	1	0,011	7	0,47	310	0,0092	6
түйінді пияз (тұқым)	жапырақтары	0,035	23	0,054	36	0,71	480	0,0117	8
	пиязшықтары	0,012	8	0,042	28	0,30	200	0,0067	4

Лалагүл тұқымдас тұқымдас өсімдіктер мүшелеріндегі ²⁴¹Am, ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr және ²³⁹⁺²⁴⁰Pu таралуы отырғызатын материалдың түріне байланысты әр түрлі:

жапырақтары > пиязшықтары (тұқым); пиязшықтары > жапырақтары (себетін)

Алынған деректерден лалагүл тұқымдас тұқымдас өсімдіктерінің мүшелеріндегі радионуклидтердің Жк пайдаланған отырғызу материалынан көп тәуелділігі байқалады: тұқым немес себетін (пиязшық). Мысалы, ²⁴¹Am, ¹³⁷Cs үшін аталған заңдылық ⁹⁰Sr және ²³⁹⁺²⁴⁰Pu үшін заңдылыққа қарағанда күштірек байқалады, бірақ олардың Жк (²⁴¹Am және ¹³⁷Cs) Жк бір еселікке (⁹⁰Sr және ²³⁹⁺²⁴⁰Pu) аз.

Сонымен, ²⁴¹Am, ¹³⁷Cs дәнді, орамжапырақты, лалагүл тұқымдас (сеуіп отырғызылған) және алқа тұқымдасты (қызанақ) тұқымдас өсімдіктерінің жерасты бөлігінде жинақталуы, балдыркөк, асқабақты, бұршақ, алқа тұқымдасты (баялды, бұрыш) және лалагүл тұқымдас (тұқыммен отырғызылған) тұқымдас өсімдіктерінің жерүсті бөлігінде жинақталуына қарағанда қарқынды жүретіні анықталды. ²³⁹⁺²⁴⁰Pu жинақталуы а/ш өсімдіктерінің жерасты бөлігінде қарқынды жүреді, бұған лалагүл тұқымдас (тұқым) және алқа тұқымдасты (баялды) кірмейді. ⁹⁰Sr алқа тұқымдасты (баялды), орамжапырақты, бұршақ, балдыркөк (ақжелкен), лалагүл тұқымдас (тұқыммен отырғызылған) тұқымдас өсімдіктердің жапырақтарында, алқа тұқымдасты (қызанақ, бұрыш), дәнді (бидай) сабақтарында көбірек жинақталады, ал жерасты бөлігінде балдыркөк (сәбіз) және лалагүл тұқымдас (сеуіп отырғызылған) көбірек жинақталады. Барлық зерттеліп жатқан радионуклидтердің аз жинақталуы генеративті мүшелерде (жемістерінде және дәндерінде) байқалады. Радионуклидтердің жинақталу ерекшеліктерінің барлық алынған деректері а/ш өсімдіктерінің жекелеген тұқымдастары үшін, жекелеген түрлері мен жекелеген мүшелері үшін әр тектес. Өсімдіктердің жекелеген мүшелеріндегі радионуклидтер жинақталуының жалпы заңдылығы байқалады, бұған генеративті мүшелерде жинақталудың барлығынан аз жүретіні қосылмайды.

3.5. ССП аумағындағы радиоактивті ластанған жағдайларда өсімдік шаруашылығы өндірісінің мүмкіндігін бағалау

Радионуклидтердің тиесілі белсенділігінің алынған мәндері радиоактивті-ластанған аумақта а/ш өнімдерінің өндірісінің мүмкін екендігін бағалауға және рауалы нормативтік параметрлермен (4.01.071.03 СанЕж/еН келтірілген нормалармен) салыстыруға мүмкіндік береді. А/ш өнімдері үшін ТБ нормалары дымқыл массаға көрсетіл-

ген, нәтижелері 5-кестеде берілген тәжірибелік деректердің дымқыл массаға қайта есептелуі орындалды. Өсімдік шаруашылығы өнімдеріндегі радионуклидтердің шоғырлануы бойынша салыстырмалы деректер және 4.01.071.03 СанЕж/еН сәйкес тағам өнімдеріндегі радионуклидтердің шекті құрамының мәндері кестеде берілген (19-кесте) [18].

Тағамдық өнімдердегі $^{239+240}\text{Pu}$ және ^{241}Am радионуклидтерінің құрамы нормаланбайды, алайда РҚН-99 (Қосымша П-2) [19] олардың тұрғындар үшін тағаммен жылдық түсуінің шегі ^{90}Sr үшін ұқсас мөлшерден бір еселікке аз, және олардың жоғары радиоуыттылығын ескере отырып, ^{90}Sr бойыншаға қарағанда рауалы деңгейлер бір еселікке аз болады деп болжауға болады.

19-Кесте.

**Ауыл шаруашылығы өсімдіктері өнімдеріндегі тиесілі белсенділік
(дымқыл массаға арналған)**

Өсімдік түрі	Сынама типі	Тиесілі белсенділік, Бк/кг (4.01.071.03 СанЕж/еН сәйкес РТБ*)			
		^{241}Am	^{137}Cs	$^{90}\text{Sr}^*$	$^{239+240}\text{Pu}$
Қарбыз	жемісі	0,025 (4)	0,5 (120)	-	< 0,4 (4)
Қауын	жемісі	0,07 (4)	0,44 (120)	-	-
Қызанақ	жемісі	0,047 (4)	0,89 (120)	< 0,22 (40)	< 0,45 (4)
Бұрыш	жемісі	0,035 (4)	0,17 (120)	< 0,16 (40)	< 0,15 (4)
Баялды	жемісі	-	-	< 0,36 (40)	9,1 (4)
Ақжелкен	жапырақтары	0,77 (4)	6,12 (120)	< 39,76 (40)	-
Орамжапырақ	жапырақтары	0,24 (4)	3,44 (120)	218,4 (40)	1,48 (4)
Сәбіз	тамыржемісі	0,125 (4)	0,69 (120)	57,0 (40)	16,2 (4)
Пияз (тұқым)	пиязшықтары	0,91 (4)	5,98 (120)	30,42 (40)	2,6 (4)
Пияз (себетін)	пиязшықтары	0,35 (4)	3,52 (120)	171,2 (40)	7,2 (4)
Бидай	дән	< 1,5 (4)	3,24 (70)	-	-
Үрме бұршақ	тұқымдары бар қын	< 0,34 (6)	0,63 (50)	23 (60)	-
Ескерту: РТБ – өсімдік өнімдеріндегі радионуклидтердің рауалы тиесілі белсенділігі, «-» – деректер жоқ					

^{241}Am , ^{137}Cs тиесілі белсенділігі бойынша алынған деректердің аталған радионуклидтердің өсімдік өнімдеріндегі (адамның тағамға қолданатынымен бірге) РТБ салыстырмалы бағасы зерттеліп жатқан өсімдіктердің тиесілі белсенділігінің мәндері бойынша СанЕж/еН нормаларынан аспайтынын көрсетеді. Алайда ^{90}Sr бойынша рауалы шоғырлану орамжапырақта, сәбізде және пиязда (себілген) 1,4-5 есе, ал $^{239+240}\text{Pu}$ баялды, сәбіз және пияздың (себілген) негізгі өнімдерінде 2-4 есе асады. Сонымен, ауыл шаруашылығы дақылдары үшін алынған ЖК және өсімдік өнімдеріндегі радионуклидтердің рауалы тиесілі белсенділігін пайдалана отырып, топырақтағы (зерттеліп жатқан топырақтық-климаттық жағдайларда) радионуклидтердің рауалы тиесілі белсенділігін есептеуге болады, бұл кезде «таза» ауыл шаруашылығы өнімін алуға мүмкіндік бар. Топырақтағы радионуклидтердің шекті рауалы құрамы (ШРҚ) келесідей түрде есептелді:

$$\text{ШРҚ}_{\text{топырақ}} = \text{РТБ}/\text{ЖК}, \quad (3)$$

мұндағы, ШРҚ_{топырақ} – зерттеліп жатқан радионуклидтің шекті рауалы құрамы,
 РТБ – өсімдік өнімдеріндегі радионуклидтердің рауалы тиесілі
 белсенділігі,
 Жк – зерттеліп жатқан радионуклидтің жинақталу коэффи-
 циенті.

Кейбір зерттеліп жатқан радионуклидтердің топырақтағы шекті рауалы құрамы
 кестеде берілген (20-кесте).

20-Кесте.

Топырақтағы радионуклидтердің бағалық шекті рауалы құрамы

А/ш дақылдары	Өнім	Топырақтағы радионуклидтердің шекті рауалы құрамы, Бк/кг			
		²⁴¹ Am	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu
Қарбыз	жемісі	161700	528000	-	34800
Қауын	жемісі	61100	653000	-	-
Қызанақ	жемісі	117000	333000	480000	26700
Бұрыш	жемісі	76600	823000	422000	148000
Баялды	жемісі	-	-	134000	1000
Ақжелкен	жапырақтары	2000	10600	500	-
Орамжапырақ	жапырақтары	18500	52300	300	12800
Сәбіз	тамыржемісі	17000	120000	700	900
Пияз (тұқым)	пиязшықтары	2500	22100	1000	4600
пияз (себетін)	пиязшықтары	12500	68200	540	2700
Бидай	дән	1500	23800	-	-
Үрме бұршақ	тұқымдары бар қын	5600	42100	1800	-
Ескерту: «<-» – деректер жоқ					

Зерттеулер ССП аумағының «Тәжірибе даласы» алаңы топырағында аса көп құра-
 мының мәндерімен, барлығынан бұрын ²⁴¹Am және ²³⁹⁺²⁴⁰Pu, сипатталатын ең ластанған
 телімінде жүргізілді. Алайда, осы алынған тәжірибелік деректерге қарамастан,
 топырақтардың ²⁴¹Am және ²³⁹⁺²⁴⁰Pu радионуклидтік ластануының жоғары деңгейі бар
 ССП телімдерінде өсімдік шаруашылығы өнімдерінің тиімді сапасын алу мүмкіндігін
 көрсетеді. Бұған кірмейтіні – ⁹⁰Sr және ²³⁹⁺²⁴⁰Pu жоғары емес радионуклидтік ластану
 жағдайы кезінде өсірілуі мүмкін сәбіз үшін топырақтағы ⁹⁰Sr және ²³⁹⁺²⁴⁰Pu ШРҚ
 бойынша балдыркөк, орамжапырақтық және лалагүл тұқымдас тұқымдас өсімдіктердің
 негізгі өнімдері. ²⁴¹Am және ²³⁹⁺²⁴⁰Pu салыстырғанда аз шоғырлануда топырақта бар ⁹⁰Sr
 бойынша деректерді атап өткен дұрыс. Бұл ССП аумағының «Тәжірибе даласы» ал.
 өсімдік өнімдерінің негізгі ластануын сипаттайтын болады.

ҚОРЫТЫНДЫ

Өсімдік үлгілеріндегі барлық зерттелген радионуклидтер үшін ⁹⁰Sr ¹³⁷Cs қара-
 ғанда орта есеппен алғанда 23 есе, ¹³⁷Cs құрамы ²³⁹⁺²⁴⁰Pu қарағанда 2 есе, ²³⁹⁺²⁴⁰Pu құра-
 мы ²⁴¹Am қарағанда 5 есе көп жинақталатыны анықталды.

Генеративті мүшелерде радионуклидтердің жинақталуы, баялдының жемістерінен басқа, бәрінде аз жүретіні анықталды.

Лалагүл тұқымдас тұқымдастар өсімдіктері үшін ^{241}Am , ^{137}Cs және ^{90}Sr жинақталуында отырғызу материалынан тәуелділік байқалды. Өсімдіктерді тұқыммен отырғызу кезінде лалагүл тұқымдас тұқымдастар өсімдіктерінің мүшелерінде себу арқылы өсіру кезіне қарағанда аталған радионуклидтердің жинақталуы аса қарқынды жүреді.

^{90}Sr аса «қозғалмалы» радионуклид болып табылады, оның Жк тәжірибелік өсімдіктер үшін барлық зерттелген изотоптарының Жк жоғары, алайда топырақтағы ^{90}Sr құрамы $^{239+240}\text{Pu}$ құрамынан бір еселікке төмен. Сондықтан ССП аумағында а/ш дақылдарын өсіру мүмкіндігі болған кезде бірінші кезекте өсімдік өнімінің сапасына нақты ^{90}Sr әсер ететін болады.

Барлық а/ш дақылдары үшін Жк және ШРҚ алынған деректері ССП аумағының тіпті «Тәжірибе даласы» алаңында өсімдік шаруашылығы өнімі өндірісінің және тиімді сапасы бар өсімдік өнімдерін алудың принципіалды мүмкін екендігін көрсетеді.

Мақала авторлары Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының қызметкерлері Ю.С.Шевченкоға, А.М.Козкееваға, Л.А.Немытоваға өсімдік үлгілерінің сынамаларын дайындағаны үшін, О.Ю.Коровинаға, Н.В.Брянцеваға, С.Е.Сәлменбаевқа және т.б. спектрометриялық және радиохимиялық талдауларды ұйымдастырып, сапалы орындағандары үшін, Ю.Ю.Яковенкоға картографиялық материалды құрғаны үшін алғыстарын білдіреді. ЭКЗБ барлық қызметкерлеріне дала жұмыстарын жүргізуде тікелей қатысқандары үшін ерекше алғыстарын білдіреді.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. Ауыл шаруашылығы радиоэкологиясы / ЛААШФБА академигі Р.М. Алексахин мен ЛААШФБА академигі Н.А. Корнеевтің ред-ған. М.: Экология, 1992. – Б.3-11, 54-79, 196-217.
2. Корнеев Н.А. Ауыл шаруашылығы радиологиясының міндеттері мен келешегі/ Корнеев Н.А., Поваляев А.П., Алексахин Р.М. // Ауыл шаруашылығы ғылымдарының жаршысы. – 1978. – №1.- Б.108-114.
3. Лысенко Н.П. Органың радиоактивті ластану жағдайларында мал шаруашылығын жүргізу / Н.П. Лысенко, А.Д. Пастернак, Л.В. Рогожина, А.Г. Павлов. – Санкт-Петербург: «Лань» баспасы, 2005. Б.– 3-4, 29-34, 93-103.
4. Агеев В.Ю. Беларусь агростерасындағы радиоэкологиялық контрмер жүйелері / В.Ю. Агеев. – Гомель: РГЗУК «Радиология институты», 2001.Б. – 4-6, 157-189.
5. Фесенко С.В. Чернобыль АЭС апаттан кейін ауыл шаруашылығы өсімдіктеріне өту коэффициенттерін төмендету динамикасы/ С.В. Фесенко С.В., Н.И. Санжарова, К.Б. Лисянский, Р.М. Алексахин // Радиациялық биология. Радиоэкология. – 1998. – Т. 38. 2- шығ. Б.- 256-265.

6. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Quantification of radionuclide transfer in terrestrial and freshwater environments for radiological assessments, IAEA – TECDOC-1616, Vienna: IAEA, 2009. Б. 155-178.
7. «Қазақстан Республикасында атом энергетикасын дамытудың ғылыми-техникалық бағдарламасын жүзеге асыру» 1-Шарасының құрамында орындалған ҚР ҰЯО Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының ғылыми-техникалық қызметі туралы 2010 ж. арналған есебі. – Курчатов қ., 2010. Б.- 13-14.
8. Найдин П. Г. Дала тәжірибесі / П. Г. Найдин ред-ған, а.ш. ғылымдарының д-ры. 2- басылым, түзет. мен қосымш. М.: Колос, 1967. –Б. 120-130.
9. Рамазанов Б.Г. Ауыл шаруашылығын жүргізу жүйесі жөніндегі ұсыныстар. Павлодар облысы / Б.Г. Рамазанов, А.П. Осняч, Н.М. Савенко, Г.И. Зубов, В.А. Леонов және т.б. – Алматы: Қайнар, 1981. –Б. 75-116.
10. МИ 5.06.001.98 ҚР «Көлемді үлгілердегі радионуклидтердің белсенділігі. МИ 2143-91 гамма-спектрометрде өлшеулерді жүргізу әдістемесі» – 18 б.
11. Бағдарламалық қамтамасыздандыруы бар «Прогресс» сцинтилляционды бета-спектрометрді пайдалана отырып радионуклидтердің белсенділігін өлшеу әдістемесі, Менделеево, – 20 б.
12. Анненков Б.Н. Ауыл шаруашылығы радиологиясының негіздері/ Б.Н. Анненков, Е.В. Юдинцева. – Мәскеу, 1991. –Б. 56-83.
13. Көкөніс дақылдарын өңдеу технологиясының негізгі аспектілері / Айтбаев Т.Е. Картоп шаруашылығы мен көкөніс шаруашылығы ҚазҒЗИ а.-ш. ғылымдарының канд. – www.agroinnovations.kz/files/lib/65/75/208.doc.
14. «Қазақ-Астық» қазақстандық ақпараттық агенттіктің астық порталы – www.kazakh-zerno.kz
15. Аймақтарды жеміс-көкөніс тағамдарымен байыту жөніндегі 2008-2009 жылдарға арналған аймақтық бағдарлама. Шығыс-Қазақстан облыстық мәслихатының 2008 ж. 19 желтоқсандағы сессиясының шешімімен бекітілген. – Өскемен, 2008 ж., – №10/140-IV ж.
16. Эдельштейн В.И. Көкөніс шаруашылығы. 3-ші, қайта өңделген басылым. – М.: Ауылшарбаспасы, 1962. – 440 б.
17. Гудков И.Н. Жалпы және ауыл шаруашылығы радиобиологиясының негіздері: ЖОО арналған оқулық. – Киев: УСХА баспасы, 1991, Б.185-186, 223-228.
18. Санитарлық ережелер мен нормалар N4.01.071.03 «Тағамдық өнімдердің тағамдық құндылықтары мен қауіпсіздігіне қойылатын гигиеналық талаптар». Қазақстан Республикасы Денсаулық сақтау министрінің 2003 ж. 11 маусымдағы бұйрығымен бекітілген. – Б.53-56.
19. Радиациялық қауіпсіздік нормалары (РҚН-99). СП 2.6.1.758-99. Ресми басылым. – Алматы, 2000.- 80 б.

ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМИ КУЛЬТУРАМИ В РАЙОНЕ ПРОВЕДЕНИЯ НАЗЕМНЫХ ЯДЕРНЫХ ИСПЫТАНИЙ (ПЛ. «ОПЫТНОЕ ПОЛЕ»)

**Кожаханов Т.Е., Лукашенко С.Н., Ларионова Н.В.,
Иванова А.Р., Келлер С.А.**

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

В статье представлены результаты исследования накопления техногенных радионуклидов сельскохозяйственными культурами, выращенными на радиоактивно-загрязненной территории площадки «Опытное поле» бывшего Семипалатинского испытательного полигона (СИП). В результате работы выявлены особенности накопления и распределения техногенных радионуклидов в вегетативных и генеративных органах исследуемых растений. Получены коэффициенты накопления ^{137}Cs , ^{90}Sr , $^{239+240}\text{Pu}$ и ^{241}Am для продукции растениеводства, необходимые для прогноза концентраций данных радионуклидов при оценке возможности передачи части территории СИП в хозяйственное пользование. Выявлена зависимость коэффициента накопления радионуклидов для исследуемых растений от типа посадки. Установлено, что критическим радионуклидом на площадке «Опытное поле» территории СИП является ^{90}Sr .

Ключевые слова: радиоактивное загрязнение, радионуклиды, ^{241}Am , ^{137}Cs , ^{90}Sr , $^{239+240}\text{Pu}$, сельскохозяйственные (с/х) культуры, удельная активность (УА), коэффициенты накопления (Кн), основная сельскохозяйственная (растительная) продукция, допустимая удельная активность (ДУА).

FEATURES OF ACCUMULATION OF ARTIFICIAL RADIONUCLIDES IN THE AGRICULTURAL CROP IN THE VICINITY OF GROUND NUCLEAR TESTS («EXPERIMENTAL FIELD» SITE)

**T.E. Kozhakhanov, S.N. Lukashenko, N.V. Larionova,
A.R. Ivanova, S.A. Keller**

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

The paper presents the results of investigation of artificial radionuclides accumulation in crops grown in radioactively contaminated area at «Experimental Field» site of the former Semipalatinsk Test Site (STS). The investigations revealed the peculiarities of accumulation and distribution of artificial radionuclides in the vegetative and generative organs of the plants studied. The coefficients of accumulation were obtained on ^{137}Cs , ^{90}Sr , $^{239+240}\text{Pu}$ and ^{241}Am for crop products, necessary to predict the concentrations of radionuclides in order to assess the data on feasibility of releasing the STS territories for economic use. There were identified the dependence of the coefficients of radionuclides accumulation for the studied plants on the type of planting. It was established that the critical radionuclide at «Experimental Field» site of the STS is ^{90}Sr .

Keywords: radioactive contamination, radionuclides, americium-241 (^{241}Am), cesium-137 (^{137}Cs), strontium-90 (^{90}Sr), plutonium-239, 240 ($^{239+240}\text{Pu}$), agricultural (a/c) crop, specific activity (SA), accumulation coefficient (Ac), main agricultural (vegetable) products, allowable specific activity (ASA).

УДК 577.4:577.391: 504.73:539.16

БҰРЫНҒЫ ССП «ТӘЖІРИБЕ ДАЛАСЫ» АЛАҒЫНЫҢ ДАЛА ЭКОЖҮЙЕЛЕРІНЕ ЖАСАНДЫ РАДИОНУКЛИДТЕРДІҢ ӨТУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

**Ларионова Н.В. , Лукашенко С.Н. , Құндызбаева А.Е. ,
Иванова А.Р. , Келлер С.А.**

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

Бұл мақалада «Тәжірибе даласы» алаңындағы дала өсімдіктерінде радионуклидтердің жинақталуының мөлшерлік параметрлері ұсынылған. ^{241}Am , ^{137}Cs , ^{90}Sr және $^{239+240}\text{Pu}$ радионуклидтерінің жинақталу коэффициенті мәнінің диапазоны анықталды. Ядролық сынақтар өткізілген түрлі эпицентрдағы және өсімдіктердің жеке бір түрлеріне арналған радионуклидтердің жинақталуының табылған айырмашылықтары анықталды. Ашық-сарғылт топырақтың физика-химиялық қасиеті және олардың өсімдіктерде радионуклидтердің жинақталуына әсері қарастырылды. Бұрынғы Семей сынақ полигонының басқа да телімдеріндегі өсімдіктердің радионуклидтерді жинақтау коэффициентімен «Тәжірибе даласындағы» далалық өсімдіктердің жинақтау коэффициентіне салыстырмалы түрде талдама жасалды.

Түйін сөздер: радиозкология, радиоактивті ластану, радионуклидтер, ^{241}Am , ^{137}Cs , ^{90}Sr , $^{239+240}\text{Pu}$, радионуклидтерді анықтау формалары, ашық-сарғылт топырақ, топырақтың физика-химиялық қасиеті, өсімдіктер, жинақталу коэффициенті (Жк).

КІРІСПЕ

Жасанды радионуклидтердің дала өсімдіктерінде жинақталу ерекшеліктерін зерттеу өзектілігі, ең алдымен бұрынғы Семей сынақ полигонының (ССП) бір бөлігін шаруашылық айналысына беру бойынша ауқымды жұмыстарды өткізумен байланысты. Бұл жағдайда топырақ-өсімдік жүйесінде радионуклидтердің таралу параметрі азық-түлік өнімдерінің радиоактивті ластануын болжау үшін ажырамас бөлігі болып табылады және ССП аумағында өмір сүретін тұрғындар үшін дозаларды есептеу барысында пайдаланылады.

Бұрынғы ССП аумағындағы өсімдіктердің радионуклидтерді жинақтау ерекшеліктерін зерттеу бойынша жеке бір жұмыстар бұдан бұрын да жүргізілген болатын, алайда бұл бағыттағы тұрақты зерттеулер жақында басталған болатын. Алғашқы рет, бұндай жұмыстар 2007 ж. «Дегелең» алаңында белгілі бір өсімдік түрлерінің жасанды радионуклидтерді жинақтауын сипаттайтын шынайы деректерді алу үшін басталған болатын. Осылай, № 176 және № 177 штольня аумағында, негізгі әсер етуші факторлардың көбін зерттеу жағдайында, жайылымдық биогеоценозда өсімдіктердің жерүсті бөлігіндегі радионуклидтердің құрамын және қайта таралу ерекшеліктерін зерттеу жұмыстары жүргізілді [1].

Қазіргі уақытта, аз зерттелген және тек ССП аумағы үшін ғана емес, сонымен бірге халықаралық зерттеулерде де жалпы алғанда $^{239+240}\text{Pu}$ және ^{241}Am трансуранды радионуклидтерінің өсімдікте жинақталуы жайлы мәселе әлі шешілген жоқ. Осыған байланысты,

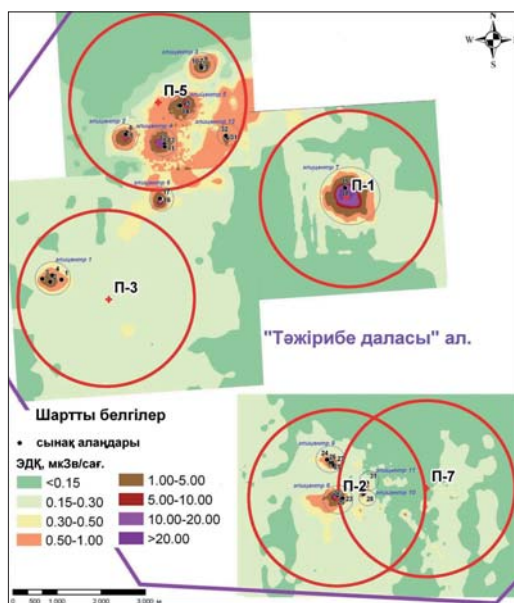
өсімдіктердің жерүсті бөлігіне олардың топырақтан өту параметрі жайлы шынайы ақпараттың қажеттілігі туындады, оны алу топырақтың радиоактивті ластануының жоғары деңгейі орын алған жағдайда ғана алуы мүмкін. Осылайша, ССП зерттеу аумағы ретінде «Тәжірибе даласы» алаңы таңдап алынды, бұл жердегі топырақтағы $^{239+240}\text{Pu}$ және ^{241}Am трансуранды радионуклидтерінің жоғары дәрежесімен сипатталады.

Зерттеліп жатқан өсімдіктердегі радионуклидтердің жинақталу параметрлерінің алынған мәні одан әрі ССП аумағында өмір сүріп жатқан тұрғындар үшін дозаларды есептеу барысында, сонымен қатар нақты тәжірибелік ұсыныстарды әзірлеу үшін негіз болып табылуы мүмкін, зерттеліп жатқан аумақтың топырақ-өсімдік жамылғысының радиоактивті ластану мәселесін шешуге бағытталған және радиоактивті ластану жағдайында алынған өнімдерде радионуклидтердің құрамын төмендету бойынша шаралар кешені үшін пайдаланылады.

1. ЗЕРТТЕУ МАТЕРИАЛДАРЫ ЖӘНЕ ӘДІСТЕРІ

Далалық жұмыстарды өткізу

Зерттеулер жүргізілетін телімдер экспедициялық жұмыстарды жүргізу барысында радиациялық параметрлерді өлшеу нәтижелері (ЭДҚ және β -бөлшек ағымының тығыздығы) мен экспозициялық доза қуатының (ЭДҚ) алаңдық таралу деректерінің негізінде таңдап алынды [2]. Зерттеу алаңдары (барлығы 32) алдын ала зерттелген «Тәжірибе даласы» алаңының жерүсті сынақтары өткізілген 12 барлық алаңдардың эпицентры бойымен, әрбір эпицентрда 2-4 алаңнан орналастырылды (1-сурет).

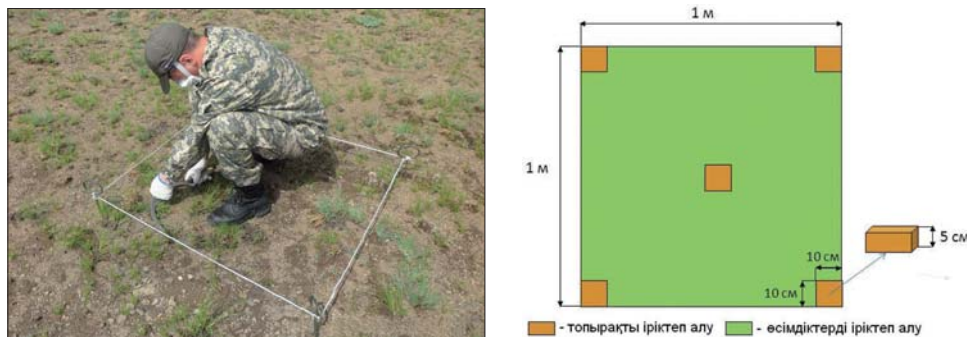


1-сурет. «Тәжірибе даласындағы» зерттеу алаңдарының орналасу сұлбасы (алаңдардың №№ р/р)

Өсімдік жамылғысын зерттеу жеке геоботаникалық суреттеу әдістерімен, өсімдіктердің негізгі түрлерін суреттеуді бөле қарап, жобалық жамылғыны анықтау және

өсімдіктердің түрлік құрамын анықтай отыра жүргізілді [3]. Барлық зерттелген алаңдардан, құрғақ даланың негізгі ценозақұраушысы – селеудің (*Stipa capillata*) беткі бөлігінен сынамалар іріктеп алынды. Жеке бір алаңдардан қосымша түрде, түрлі өсімдіктердің радионуклидтерді жинақтауына салыстырмалы талдама өткізу үшін бетегенің (*Festuca alesiaca*) және жусанның (*Artemisia sublessingiana*) сынамалары іріктеліп алынды.

Әрбір алаңнан бір уақытта зерттеліп жатқан өсімдіктердің беткі бөлігі мен топырақтың араласқан сынамасы іріктеліп алынды (5 см тереңдіктен конверт әдісімен) (2-сурет).



а) б)

2-Сурет. Өсімдіктің беткі бөлігінен сынамалар алу (а), топырақтың және өсімдіктің сынамаларын іріктеп алу (б)

Өсімдіктер мен топырақтардың сынамаларын дайындау

Өсімдіктердің сынамалары секатордың көмегімен өте қатты ұсақталды (1–3 см ұзындықта), дистилленденген сумен 2–3 рет шайылды және жуылды және кептіргіш шкафта 80–100 °C температура бойында тұрақты масса сынамасына дейін кептірілді. Зертханалық ұсақтағыштың көмегімен одан да ұсақ күйге дейін жеткізілді. Одан әрі сынамалардың термиялық шоғырлануы жүргізілді (күйіп үгілді, күлденуі). Құрғақ қалдық төзімді пеште күйіп үгітілді немесе электр плиталарда сорғыш шкафтарда қыздыру жолымен, үлгінің жанып кетуіне жол берместен, түгіннің бөлінуі тоқтағанға дейін және қара қалдықты алғанға дейін жүргізілді. Одан әрі сынамалар кәрлен тостағанға, бақыраштарға одан кейінгі күлдендіру үшін жеткізілді және үгітілді. Алдымен температура 50–60 минут бойында 200 °C дейін жоғарылатады, одан кейін төзімді пеште белгілі бір температураға дейін белгіленді: ^{137}Cs одан әрі анықтау үшін күлдендіру температурасы 400 °C, ^{90}Sr – 550 °C, ^{241}Am және $^{239+240}\text{Pu}$ – 650 °C құрады. Күлді алған соң тостаған толық күл эксикаторда суытылды. Дайын күл қоспалардан тазартуға арналған елеуіш арқылы еленді, суыған күл қалдығы өлшенді, күлдену коэффициенті анықталды.

Топырақтың сынамалары 60–70 °C температурада құрғату шкафтарында құрғақ-ауа күйіне дейін кептірілді. Ірі тастар мен қоспаларды (өсімдіктердің тамырларын) алып тастаған соң техникалық таразыларда өлшенді. Одан әрі сынамалардың барлық көлемі араластырылды, бірігіндеп (мәзірмен) кәрлен келіде үккіштің көмегімен үгітілді және саңылауы 1 мм диаметрлі елеуіш арқылы еленді. Үгіту және елеу, топырақтың бөлшектерінің қаңқалары қалғанға дейін қайталанып отырды. Елеу толық түрде қағаздың бетіне әрбір электі қағу арқылы тексерілді. Елеуді қағаздың үстіне бөлшектер түскенге дейін жалғастырылды.

Топырақтың физика-химиялық талдауы

Топырақтың механикалық құрамы түрлі мөлшердегі бөлшектердің басқа бір тобын қамтитын немесе топырақ түйіршіктерін пайыздық түрде мөлшерлік арақатынасын белгілейтін тамшуыр-әдіспен анықталады [4]. Топырақтағы қарашіріктің құрамын анықтау Никитиннің сәйкестендіруінде Тюриннің әдісімен жүргізілді [4]. Топырақтың сілтілігін өлшеу электронды жүйе жынысының су сорғысында рН шамасын өлшеуге негізделген, индикаторлық шыны электродтан тұратын, шамасы ерітіндідегі сутегі иондарынан және танымал шамасы салыстырмалы ағыстық көмекші электродтармен анықталатын әдіспен жүргізілді [5]. Кальциметрде қосымша қысымды өлшеуге негізделген, топырақтағы карбонатта HCl құрамындағы 18% ерітіндінің әсері барысында бөлінетін көмірқышқылдан алынатын Голубевтің көлемдік әдісі бойынша карбонаттылығы анықталды. Қысым шыны түтікшеде сынап бағанының көтерілу биіктігі бойынша өлшенді, есептеу арнайы шкала бойынша жүргізілді [4]. Топырақтағы радионуклидтерді анықтауда өсімдіктердің қол жетімді формасы түрлі реагенттермен біртіндеп сілтілендіру әдісімен (сумен – судаергіш форма және 1М сіркеқышқылды аммоний ерітіндісі – ауыспалы форма) және сорғылаудан алынған олардың құрамын өлшеумен анықталды [6].

Радионуклидтік талдау

Топырақтар мен өсімдіктердің сынамаларындағы радионуклидтердің тиесілі белсенділігін өлшеу бойынша талдаулар стандартталған әдістемелік көрсеткіштерге сәйкес [7, 8, 9] тексерілген зертханалық аспапта жүргізілді. ^{137}Cs және ^{241}Am радионуклидтерінің тиесілі белсенділігін анықтау Canberra GX-2020 гамма-спектрометрінде, ^{90}Sr – «Прогресс» бета-спектрометрінде, $^{239+240}\text{Pu}$ анықтау үлг.7401 Canberra альфа-спектрометрінде радиохимиялық бөлінісін анықтай отырып жүргізілді. Өсімдіктердегі ^{137}Cs шоғырлануы құрғақ (алдын ала шайылған) үгітілген үлгілерде, ^{241}Am , ^{90}Sr және $^{239+240}\text{Pu}$ – күлде, одан әрі құрғақ заттекке қайта есептеуге байланысты анықталды. ^{137}Cs бойынша анықтау шегі 1 Бк/кг (өсімдіктер үшін) және 4 Бк/кг (топырақ бойынша), ^{241}Am – 0,3 Бк/кг және 1 Бк/кг, $^{239+240}\text{Pu}$ – 0,1 Бк/кг және 1 Бк/кг, ^{90}Sr – 200 Бк/кг-ны құрады. ^{137}Cs және ^{241}Am анықтаудағы өлшеудің дәлсіздігі 10-20 %, ^{90}Sr – 15-25 %, $^{239+240}\text{Pu}$ – 30 % асқан жоқ.

2. НӘТИЖЕЛЕР ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ТАЛҚЫЛАУ

2.1. «Тәжірибе даласы» алаңындағы далалық өсімдіктердің доминантты түрлерінде радионуклидтердің жинақталуының мөлшерлік параметрлері

Өсімдіктердің жерүсті бөлігіндегі топырақтағы радионуклидтердің жинақталу параметрлерін мөлшерлік бағалау үшін – жинақталу коэффициенті (Жк) – топырақтағы массаның бірлігіндегі радионуклидтердің құрамы өсімдіктердің массасындағы бірлікте радионуклидтердің құрамының арақатынасы әлемдік тәжірибеде қолданылатын көрсеткіш жиі қолданылады [10]. 1-кестеде тиесілі белсенділікті анықтау бойынша талдамалардың нәтижелері келтірілген және ^{241}Am , ^{137}Cs , ^{90}Sr және $^{239+240}\text{Pu}$ радионуклидтерінің Жк зерттелетін селеу (*Stipa capillata*) өсімдік үшін, ол барлық зерттеу алаңдарынан іріктеліп алынған болатын.

1-Кесте.
 ^{241}Am , ^{137}Cs , ^{90}Sr және $^{239+240}\text{Pu}$ радионуклидтерінің Жк мен тиесілі белсенділігінің диапазоны (селеу (*Stipa capillata*) өсімдігі үшін)

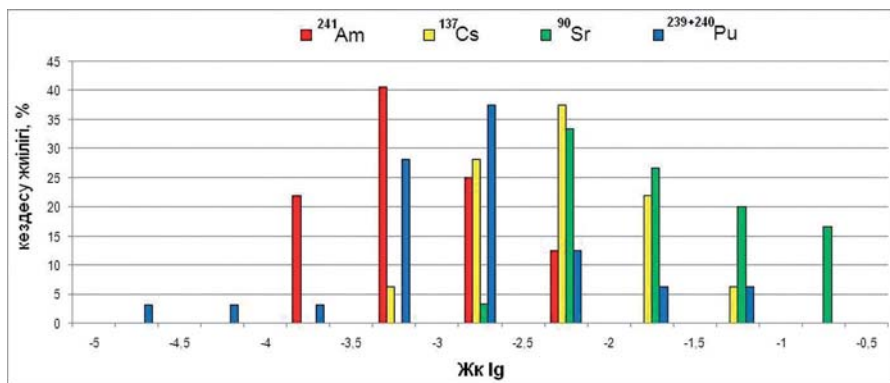
p/p	Іріктеу нүктесі	Тиесілі белсенділік, Бк/кг								Жк			
		^{241}Am		^{137}Cs		^{90}Sr		$^{239+240}\text{Pu}$		^{241}Am	^{137}Cs	^{90}Sr	$^{239+240}\text{Pu}$
		өсімдік	топырақ	өсімдік	топырақ	өсімдік	топырақ	өсімдік	топырақ				
1	Э1-1	2,8±0,1	2100±200	6,1±0,2	1000±100	13±1	780±280	21±1	10000±2000	0,0013	0,0061	0,017	0,0021
2	Э1-2	1,2±0,1	2200±200	24±1	1500±200	9,4±1,1	1600±410	6,4±0,2	7000±700	0,00052	0,016	0,0059	0,00091
3	Э1-3	529±1	101600±10000	23±1	600±60	38±1	700±270	9500±300	1300000±80000	0,0052	0,038	0,055	0,0073
4	Э1-4	34,3±0,5	4600±500	4,5±0,3	700±70	11±1	800±290	180±10	4200±1100	0,0075	0,0064	0,014	0,043
5	Э2-1	1,4±0,1	1200±100	5,1±0,2	1300±100	19±3	1900±500	27±1	14200±800	0,0012	0,0039	0,010	0,0019
6	Э2-2	4,5±0,2	2300±200	103±1	7500±700	1970±10	12000±1800	69±2	25800±1300	0,0020	0,014	0,16	0,0027
7	Э3-1	4,1±0,1	2200±200	3,9±0,2	1800±200	21±1	2600±600	18±1	6600±1100	0,0019	0,0022	0,0080	0,0028
8	Э3-2	0,97±0,13	3800±400	3,5±0,3	340±30	23±1	<100	5,5±0,2	5000±1000	0,00026	0,010	-	0,0011
9	Э3-3	4,5±0,1	1400±100	10,4±0,3	600±60	17±1	1100±300	24±1	900±100	0,0032	0,017	0,015	0,026
10	Э3-4	8,1±0,2	3800±400	11,4±0,4	800±80	35±1	860±300	55±2	1300±400	0,0021	0,014	0,040	0,042
11	Э4-1	8,7±0,2	12700±1000	16,2±0,5	7300±700	79±2	8600±1400	40±1	38000±5000	0,00068	0,0022	0,0092	0,0011
12	Э4-2	3,9±0,2	15600±2000	6,1±0,3	9000±1000	134±3	11000±1700	21±1	54000±8000	0,00025	0,00068	0,012	0,00039
13	Э4-3	2,5±0,1	6200±600	3,8±0,2	2800±300	26±1	3300±600	11,7±0,4	23500±2600	0,00041	0,0014	0,0077	0,00050
14	Э5-1	0,85±0,13	2200±200	3,1±0,3	2100±200	53±2	2000±400	13,0±0,4	14200±1900	0,00039	0,0015	0,026	0,00091
15	Э5-2	2,6±0,2	6000±600	8,7±0,4	2300±200	70±1	2700±600	30±1	9400±2500	0,00043	0,0038	0,026	0,0032
16	Э6-1	0,26±0,07	1000±100	2,1±0,2	600±60	56±2	1010±250	1,8±0,1	30000±3000	0,00026	0,0035	0,055	0,000061

p/p	Іріктеу нүктесі	Тікесіп белсенділік, Бс/кг												Жк			
		241Am			137Cs			90Sr			239+240Pu			241Am	137Cs	90Sr	239+240Pu
		өсімдік	топырақ	өсімдік	өсімдік	топырақ	топырақ	өсімдік	топырақ	топырақ	өсімдік	топырақ	топырақ				
17	Э6-2	0,61±0,08	700±70	4,0±0,2	500±50	45±1	<100	29000±3800	6,2±0,2	4700±600	0,0087	0,0080	-	0,0013			
18	Э7-1	0,71±0,12	1200±100	8,3±0,3	8500±900	57±1	29000±3800	11,6±0,3	13000±1000	0,0059	0,0010	0,0048	0,0020	0,00089			
19	Э7-2	1,1±0,2	1000±100	14,5±0,5	3000±300	59±2	7600±1200	24±1	10200±500	0,0011	0,0048	0,0077	0,0024	0,00027			
20	Э8-2	2,3±0,2	9000±1000	16,5±0,5	2400±200	48±10	2000±500	44±1	164000±8000	0,0059	0,010	0,075	0,0058	0,0020			
21	Э8-3	8,9±0,3	1500±200	34±1	3300±300	190±4	2500±600	93±3	16100±600	0,0039	0,0018	0,0079	0,00051	0,00011			
22	Э9-1	10,4±0,3	18000±2000	4,3±0,4	1000±100	9,8±1,4	1400±400	44±1	22000±6000	0,0084	0,020	0,025	0,0080	0,017			
23	Э9-2	7,7±0,2	19600±2000	3,2±0,2	1800±200	16±1	2000±500	43±1	84000±6000	0,0036	0,070	0,25	0,0092	0,00067			
24	Э9-3	0,36±0,11	2600±300	10,7±0,4	4200±400	94±2	3400±700	2,1±0,1	194000±5000	0,0095	0,0026	0,061	0,0020	0,0038			
25	Э9-4	9,9±0,2	12400±1000	5,9±0,3	700±70	11±1	560±240	48±2	2800±400	0,0013	0,0045	0,11	0,0038	0,00067			
26	Э10-1	0,79±0,12	2200±200	49±1	700±70	150±2	580±250	5,5±0,2	6000±950	0,0024	0,0011	0,0037	0,0018	0,0017			
27	Э10-2	0,90±0,09	3100±300	6,3±0,2	600±60	170±3	860±290	8,6±0,3	12800±1400	0,0014	0,0040	0,015	0,0018	0,0017			
28	Э11-1	3,8±0,2	4000±400	6,6±0,4	2500±300	130±3	2100±500	30±1	14700±1200	0,0037	0,0011	0,0037	0,0018	0,0017			
29	Э11-2	12,0±0,3	9500±1000	36±1	7900±800	540±10	5100±900	118±4	31000±6000	0,0037	0,0011	0,0037	0,0018	0,0017			
30	Э12-1	1,44±0,03	6000±600	4,2±0,1	3700±400	23±1	6200±1000	11,5±0,3	17200±600	0,0037	0,0011	0,0037	0,0018	0,0017			
31	Э12-2	2,03±0,15	1500±200	4,9±0,3	1200±100	25±2	1700±400	21,0±0,5	11400±1500	0,0037	0,0011	0,0037	0,0018	0,0017			
32	Э12-3	6,8±0,2	18500±2000	10,8±0,4	9000±900	42±10	9200±1400	47±1	27200±600	0,0037	0,0012	0,0046	0,0017	0,0017			

Алынған деректер бойынша, барлық зерттелген алаңдарында $^{239+240}\text{Pu}$ және ^{241}Am трансуранды радионуклидтерінің жоғары құрамы орын алған және ^{137}Cs мен ^{90}Sr салыстырмалы түрде төмен ластанған.

Жеке бір қызығушылықты ^{90}Sr Жк туғызып отыр, оның мәнінің бірліктері жоғарыламаған, бұл аталған радионуклидке тән емес.

$^{239+240}\text{Pu}$ Жк диапазонының мәні (0,00001–0,04) 3 есені құрайды, ^{241}Am Жк (0,0001–0,01), ^{137}Cs және ^{90}Sr (0,001–0,1) – 2 еседен тұрады. Радионуклидтердің Жк таралу мәні Lg Жк жиілік гистограммасы түрінде келтірілген (3-сурет).



3-Сурет. ^{241}Am , ^{137}Cs , ^{90}Sr және $^{239+240}\text{Pu}$ Lg Жк таралу мәні зерттеліп жатқан аумақ үшін (селеу (*Stipa capillata*) өсімдігі үшін)

Келтірілген гистограммада, келесі азаю қатары бойынша өте кең шекте барлық зерттеліп жатқан радионуклидтерде жинақталуы көрсетілген:

$$^{90}\text{Sr Жк} > ^{137}\text{Cs Жк} > ^{239+240}\text{Pu Жк} > ^{241}\text{Am Жк}$$

Әрбір зерттеу алаңы үшін өсімдіктердегі радионуклидтердің жинақталуының айырмашылығын мөлшерлік бағалау үшін $^{90}\text{Sr Жк} / ^{137}\text{Cs Жк}$, $^{137}\text{Cs Жк} / ^{239+240}\text{Pu Жк}$ және $^{239+240}\text{Pu Жк} / ^{241}\text{Am Жк}$ арақатынасы есептелді. «Түсулер» алынған соң берілген арақатынастардың орташа мәні келесіні құрады:

- $^{90}\text{Sr Жк} / ^{137}\text{Cs Жк} \sim 7,6$;
- $^{137}\text{Cs Жк} / ^{239+240}\text{Pu Жк} \sim 2,4$;
- $^{239+240}\text{Pu Жк} / ^{241}\text{Am Жк} \sim 2,7$.

Осылайша, егер ^{241}Am радионуклидінің өсімдіктерде жинақталуын бірлік ретінде қабылдаса, онда азаюдың бекітілген қатары келесі түрден тұрады:

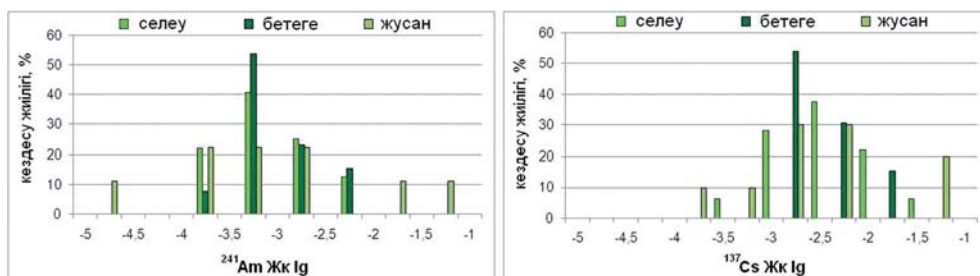
$$\begin{array}{ccccccc}
 ^{90}\text{Sr Жк} & > & ^{137}\text{Cs Жк} & > & ^{239+240}\text{Pu Жк} & > & ^{241}\text{Am Жк} \\
 49 \pm 8 & & 6,5 \pm 1 & & 2,7 \pm 0,4 & & 1
 \end{array}$$

2-кестеде ^{241}Am , ^{137}Cs , ^{90}Sr және $^{239+240}\text{Pu}$ радионуклидтерінің Жк мәнінің диапазоны барлық зерттеліп жатқан өсімдік түрлері үшін келтірілген.

^{241}Am , ^{137}Cs , ^{90}Sr және $^{239+240}\text{Pu}$ радионуклидтерінің Жк мәнінің диапазондары барлық зерттеліп жатқан өсімдік түрлері үшін

Зерттеліп жатқан өсімдіктер	Жк			
	^{241}Am	^{137}Cs	^{90}Sr	$^{239+240}\text{Pu}$
Селеу (<i>Stipa capillata</i>)	<u>0,001</u> (n=32) 0,0001 - 0,01	<u>0,01</u> (n=32) 0,001-0,1	<u>0,1</u> (n=30) 0,002-0,3	<u>0,01</u> (n=32) 0,00001-0,04
Бетеге (<i>Festuca alesiac</i>)	<u>0,001</u> (n=13) 0,0003 - 0,01	<u>0,01</u> (n=13) 0,001-0,01	<0,1 (n=13)	_*
Жусан (<i>Artemisia sublessingiana</i>)	<u>0,01</u> (n=9) 0,00003 - 0,1	<u>0,01</u> (n=10) 0,0002-0,1	<0,1 (n=31)	_*
Ескерту: Алымында – орташа арифметикалық, жақшада – жағдайлар саны, бөлгіште – мәндер диапазоны, _*- қазіргі сәтте талдау нәтижелері жоқ				

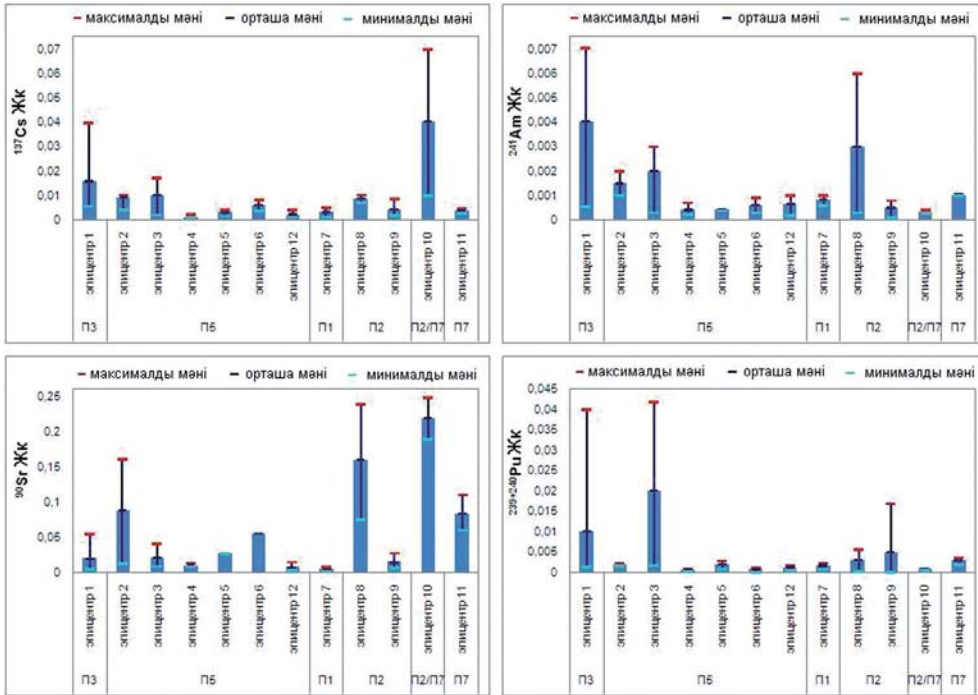
Кестеде көрініп тұрғандай, ^{241}Am және ^{137}Cs Жк алынған мәні зерттеліп жатқан селеу және бетеге өсімдіктері үшін жалпы алғанда біркелкі. Аталған радионуклидтердің жинақталуында жусан үшін басқаша көрініс байқалады, бұл Жк мәнінің кең диапазонынан көрінеді. ^{241}Am және ^{137}Cs радионуклидтерінің Lg Жк кездесу жиілігінің гистограммасы түрінде түрлі өсімдіктердің арасында Жк мәнінің таралуын жіті қарастырамыз (4-сурет).



4 - Сурет. Зерттеліп жатқан өсімдіктер үшін ^{241}Am және ^{137}Cs Lg Жк таралу мәні

Өсімдіктердің радионуклидтерді жинақтаудағы анық айырмашылығы байқалмайды, алайда олардың жинақтауы бірдей деп те нақты айтуға болмайды. Осылайша, жоғарыда айтылғандай, ^{241}Am және ^{137}Cs Жк мәнінің жоғары диапазоны жусанда (*Artemisia sublessingiana*) байқалады. ^{241}Am және ^{137}Cs Жк мәні зерттеліп жатқан өсімдіктердегі селеу (*Stipa capillata*) және бетеге (*Festuca alesiac*) жалпы алғанда біркелкі, басқа түрлерге қарағанда диапазон мәні төмен мәнде сипатталады.

Өсімдіктерде және белгілі бір эпицентрда радионуклидтердің жинақталуының белгілі бір айырмашылықтары байқалады. 5-суретте әрбір зерттеліп жатқан эпицентрда селеу (*Stipa capillata*) өсімдігі үшін ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{241}Am және $^{239+240}\text{Pu}$ Жк орташа мәні келтірілген.



5-Сурет. Зерттеліп жатқан эпицентрдың әрбірі үшін ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{241}Am және $^{239+240}\text{Pu}$ Жк орташа мәні (селеу (*Stipa capillata*) өсімдігі үшін)

Келтірілген гистограмма негізінде, радионуклидтерде өсімдіктердің жинақталуы, атап айтқанда селеу (*Stipa capillata*), түрлі эпицентрда айрықша өзгереді деп айтуға болады. Осылайша, Жк үлкен шамаларға қарай ойысуы ^{90}Sr радионуклиді үшін эпицентрда 8-ші, 10-ші және 11-ші және ^{137}Cs – 10-ші эпицентрда байқалады. Бұдан да басқа жағдайларды алып қарауға болады, алайда негізінен бұндай түсулер (мысалы, ^{241}Am және $^{239+240}\text{Pu}$ үшін 1-ші және 3-ші эпицентрда) аталған радионуклидтердің Жк мәнінің салыстырмалы түрдегі үлкен диапазонмен шартталған.

2.2. «Тәжірибе даласы» алаңындағы өсімдіктерде радионуклидтердің жинақталуына топырақтың кейбір физика-химиялық қасиетінің әсер етуін бағалау және зерттеу

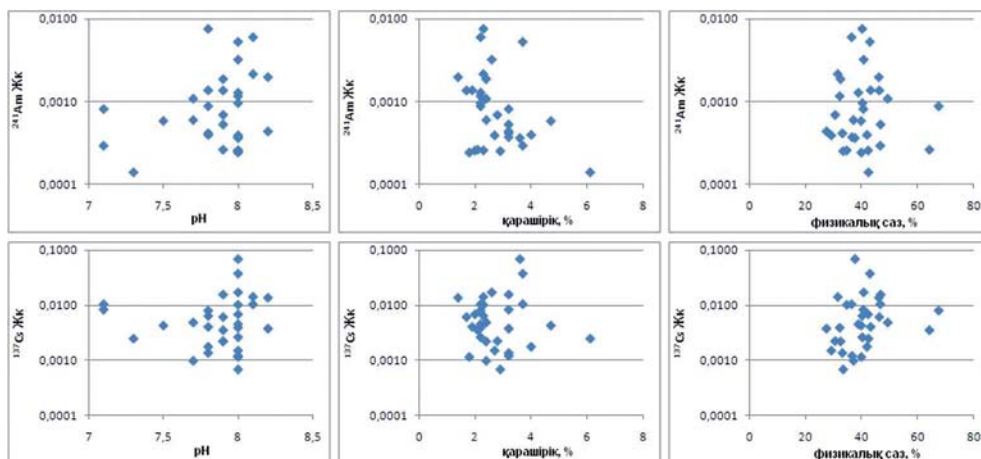
Өсімдіктерде радионуклидтердің жинақталуына топырақтың физика-химиялық қасиеті, және радионуклидтердің өзінен оларды анықтау формасы белгілі бір түрде әсер етуі мүмкін [11]. 3-кестеде зерттеліп жатқан топырақтың физика-химиялық қасиетінің (сілтілігі, қарашіріктер мен карбонаттардың құрамы, судың сорғысындағы тұздың жиынтығы және механикалық құрамы (физикалық саздың құрамы)) негізгі көрсеткіштерінің диапазоны, сонымен қатар олардағы радионуклидтерді анықтауда өсімдіктің қол жетімді формасы келтірілген (судаерігіш және ауыспалы).

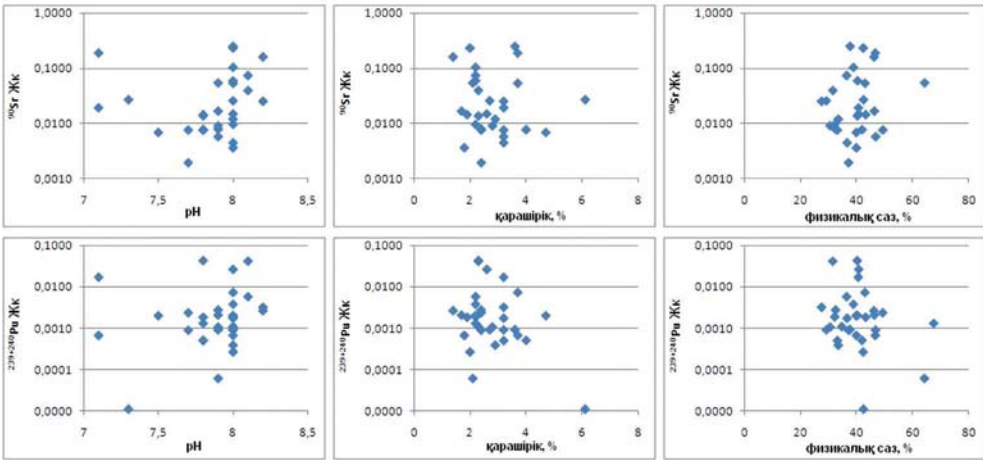
Топырақтың физика-химиялық қасиетінің көрсеткішінің диапазоны және олардағы радионуклидтерді анықтау формасы

Топырақтың физика-химиялық қасиеті					Топырақтағы радионуклидтерді анықтау формасының құрамы, %							
рН	Қара-шірік	Судың сорғысындағы тұздың жиынтығы	Карбонаттар	Физикалық саз	^{241}Am		^{137}Cs		^{90}Sr		$^{239+240}\text{Pu}$	
					*сул.	**алм.	сул.	алм.	сул.	алм.	сул.	алм.
7,1-8,2	1,7-6,1	0,03-0,1	2 дейін	27,5- 67,6	<0,1	<0,1	<0,1	<0,7	<0,8	<0,1	<0,01	<0,01
* - судаерігіш форма ** - алмаспалы форма												

Жүргізілген зерттеулердің деректері бойынша топырақтар ашық-сарғылт, қалпыты (қопсымалы шөгінділер қуаты 80 см жоғары), құмсазды (физикалық саздың құрамы 27,5-67,6 %), карбонатты (4-5 % дейін) және ащылығы әлсіз (тұздардың жиынтығы 0,03-0,1 %) түрге жатады. Органикалық заттегінің құрамы бойынша зерттеліп жатқан топырақтар әлсіз қарашіріктелген – жалпы қарашірік 2-3,5 % аспайды. Радионуклидтерді анықтаудың судаерігіш және ауыспалы форманың құрамы абсолюттік көп жағдайда анықтаудың төмен шегінде жатыр.

^{241}Am , ^{137}Cs , ^{90}Sr және $^{239+240}\text{Pu}$ радионуклидтерінің дала өсімдіктерінде жинақталуына ашық-сарғылт топырақтың физика-химиялық қасиетінің әсерін бағалау сілтілену, топырақтағы қарашіріктің құрамы және селеу (*Stipa capillata*) өсімдігі үшін физикалық саздың құрамы бағаланды (6-сурет).





6-Сурет. Ашық-сарғылт топырақтың физика-химиялық қасиетінен радионуклидтерден ЖК тәуелділігі (селеу (*Stipa capillata*) үшін)

Өсімдіктердегі ^{241}Am және ^{137}Cs радионуклидтердің жинақталуына топырақтың қарастырылған физико-химиялық қасиетінің әсері көрсетілген кестеде ұсынылған. Зерттеліп жатқан аумақтың шегінде аталған факторлардың құбылу диапазоны жеткіліксіздігі, сонымен қатар топырақтағы радионуклидтерді анықтаудың қол жетімді формасы болмауы да бұған себеп болуы мүмкін (3-кесте).

2.3. Бұрынғы Семей сынақ полигонының басқа телімдеріндегі өсімдіктер үшін жинақтау коэффициентімен «Тәжірибе даласынан» дала өсімдіктері үшін радионуклидтердің жинақталу коэффициентіне салыстырмалы талдама

Дала өсімдіктерінің ^{241}Am , ^{137}Cs , ^{90}Sr және $^{239+240}\text{Pu}$ радионуклидтерін жинақтауы жайлы алынған нәтижелерді бағалау үшін ССП басқа аумақтарынан іріктеліп алынған түрлі өсімдіктерден алынған деректермен олардың салыстырмалы талдамаларын өткіземіз. Қосымша түрде алынған деректерді өсімдіктердің 2-ші тобы үшін (аралас шөптер және жайылымдық шөптер) ССП аумағы сипаттас құмсазды топырақтардан іріктеліп алынған халықаралық жинақталған материалдармен салыстырамыз [12] (4-кесте).

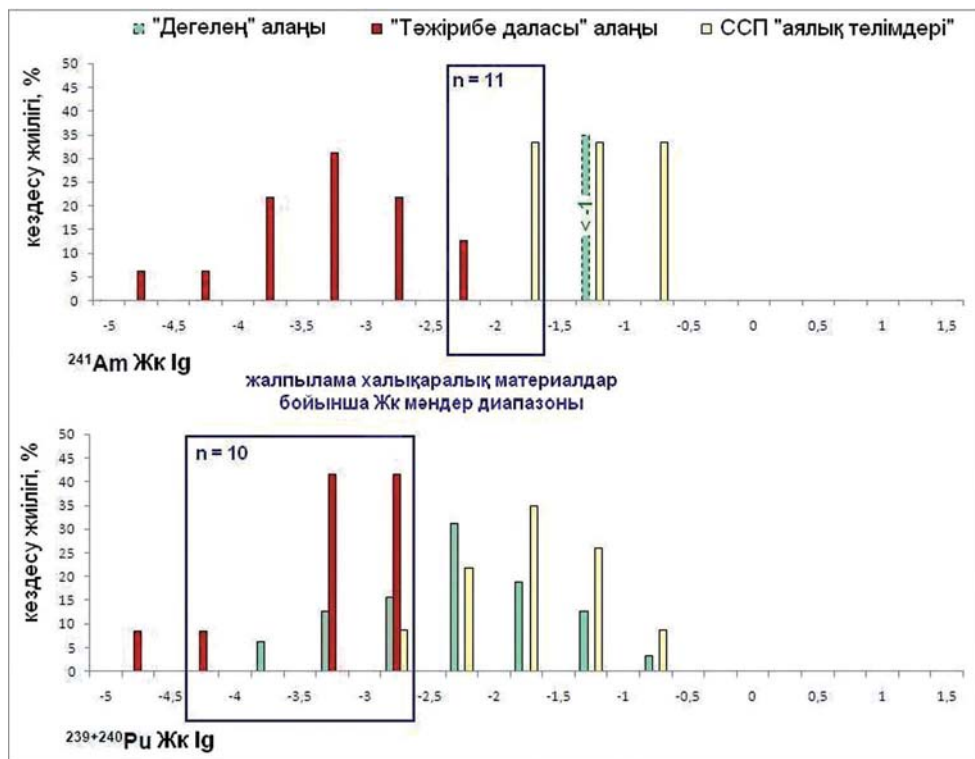
4-Кесте.

ССП аумағының түрлі өсімдіктері үшін радионуклидтердің жинақтау коэффициенті (ЖК) мәнінің диапазоны

Зерттеліп жатқан өсімдіктер	ЖК			
	^{241}Am	^{137}Cs	^{90}Sr	$^{239+240}\text{Pu}$
«Тәжірибе даласының» зерттеліп жатқан аумақтары				
селеу (<i>Stipa capillata</i>)	$\frac{0,001}{0,00001 - 0,01}$ (n=32)	$\frac{0,01}{0,0001 - 0,1}$ (n=32)	<0,1 (n=32)	$\frac{0,001}{0,00001 - 0,002}$ (n=12)

Зерттеліп жатқан өсімдіктер	Жк			
	²⁴¹ Am	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu
«Дегелең» алаңы, № 176 штольнясының ауданы				
түймешетен (<i>Tanacetum vulgare</i>)	-	<u>2,80 (n=10)</u> 0,01 - 16,30	<u>1,80 (n=10)</u> 0,80 - 5,70	-
итмұрын (<i>Rosa spinosissima</i>)	-	<u>2,60 (n=10)</u> 0,01 - 13,20	<u>2,00 (n=10)</u> 0,40 - 4,50	-
кияқ (<i>Leymus angustus</i>)	-	<u>1,30 (n=10)</u> 0,05 - 7,50	<u>3,30 (n=10)</u> 0,90 - 9,50	-
«Дегелең» алаңы, № 177 штольнясының ауданы				
түймешетен (<i>Tanacetum vulgare</i>)	<0,03 (n=10)	<u>0,02 (n=10)</u> 0,002 - 0,06	<u>0,80 (n=11)</u> 0,50 - 1,40	<u>0,01 (n=5)</u> 0,0003 - 0,02
күреңот (<i>Chamaenerium angustifolium</i>)	<0,13 (n=12)	<u>0,20 (n=12)</u> 0,001 - 1,00	<u>1,30 (n=13)</u> 0,50 - 4,00	<u>0,004 (n=3)</u> 0,001 - 0,003
сарықаулен (<i>Cirsium arvense</i>)	<0,09 (n=9)	<u>0,10 (n=11)</u> 0,008 - 0,60	<u>2,47 (n=11)</u> 1,80 - 3,20	<u>0,01 (n=2)</u> 0,003 - 0,02
ССП «аялық» солтүстік аумақтары				
далалық аралас шөп	<u>0,06 (n=3)</u> 0,02 - 0,11	<u>0,02 (n=14)</u> 0,003 - 0,06	<0,40 (n=4)	<u>0,03 (n=9)</u> 0,01 - 0,1
ССП «аялық» батыс аумақтары				
далалық аралас шөп	<0,20 (n=22)	<u>0,05 (n=12)</u> 0,01 - 0,1	<u>0,8 (n=3)</u> 0,1 - 1,7	<u>0,04 (n=13)</u> 0,002 - 0,2
Халықаралық жинақталған деректер (2009)				
аралас шөп	-	<u>0,1 (n=10)</u> 0,01 - 0,2	<u>0,9 (n=6)</u> 0,3 - 2,0	-
жайылымдық шөптер	<u>0,003 (n=11)</u> 0,005 - 0,02	<u>0,4 (n=124)</u> 0,01 - 2,6	<u>1,2 (n=58)</u> 0,4 - 2,6	<u>0,0006 (n=10)</u> 0,00006 - 0,003
<i>Ескерту:</i> алымда – орташа арифметикалық, жақшада – жағдайлар саны, бөлігіште – мәндер диапазоны, «-» деректер жоқ				

Кестеде көрініп тұрғандай, бұдан бұрын өткізілген көптеген зерттеулерге қарамастан, алғашқы рет ССП аумағында ²⁴¹Am Жк мөлшерлік мәнінің шынайы статистикалық деректері алынды және зерттеліп жатқан аумақ үшін талданған жағдайлардың саны қазіргі уақыттағы қолда бар халықаралық нәтижелермен салыстырғанда 5 есеге жоғары. Гистограммаларда ССП атап өтілген аумақтары үшін ²⁴¹Am және ²³⁹⁺²⁴⁰Pu Жк Lg мәнінің таралуы келтірілген, сонымен қатар жинақталған халықаралық материалдар бойынша Жк мәнінің диапазоны келтірілген (7-сурет).



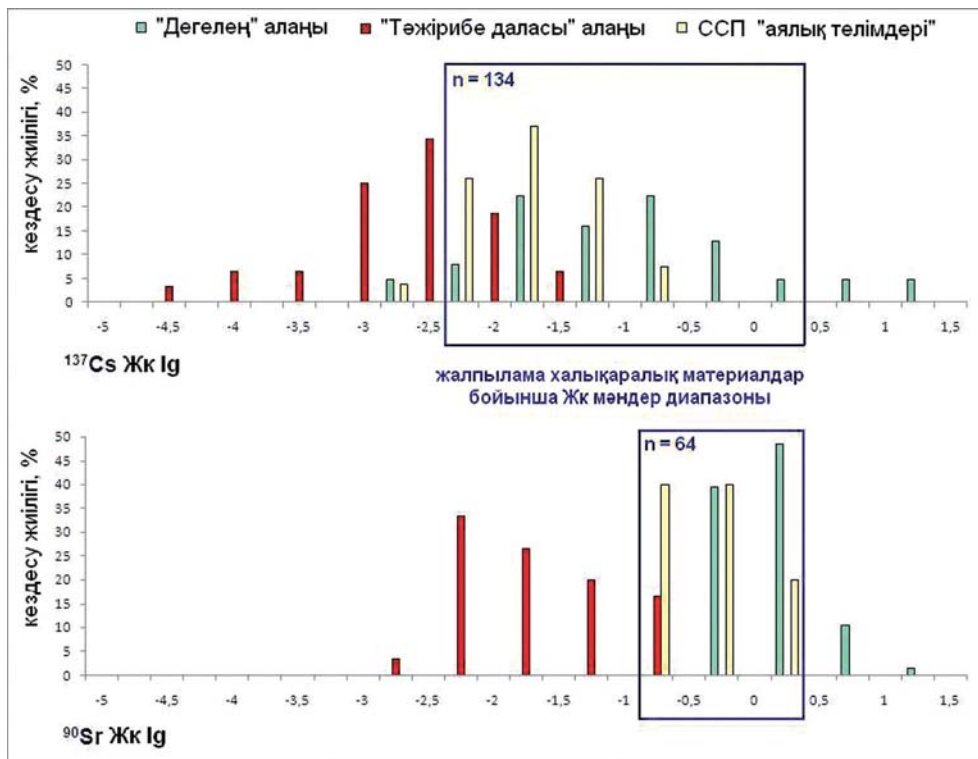
7-Сурет. ССП түрлі аумақтары үшін ^{241}Am және $^{239+240}\text{Pu}$ Жк мәнінің таралуы

Келтірілген гистограммдан, «Тәжірибе даласы» алаңындағы далалық өсімдіктерде ^{241}Am радионуклидінің Жк бекітілген мәні төмен шамаларға қарай және Жк келтірілген қатыстық мөлшерлері мен бағалау мәндері аталған радионуклид үшін ССП басқа аумақтарымен және жайылымдық шөптер үшін халықаралық жинақталған шамаларға ығыстырылғаны байқалады. «Тәжірибе даласындағы» $^{239+240}\text{Pu}$ Жк мәні, ССП басқа аумақтарына қарағанда төменірек, алайда жалпы алғанда жинақталған халықаралық материалдар бойынша Жк мәнінің диапазонымен ұқсас.

ССП атап өтілген аумақтарындағы ^{137}Cs және ^{90}Sr Жк мәнінің таралуы да аталған радионуклидтердің Жк Lg кездесу жиілігінің гистограммасы түрінде келтірілген (8-сурет).

Осылайша, «Тәжірибе даласы» аумағындағы өсімдіктер үшін ^{137}Cs Жк мәні, «Дегелең» алаңынан іріктеліп алынған өсімдіктер мен халықаралық материалдарда келтірілген жайылымдық шөптер мен аралас шөптерге қарағанда едәуір төмен (№ 177 штольняның аумағынан іріктеліп алынған түймешетенді (*Tanacetum vulgare*) Жк есептемегенде), алайда жалпы алғанда ССП «аялық» аумақтарынан іріктеліп алынған өсімдіктер үшін аталған радионуклидтің Жк мәнімен ұқсас.

^{90}Sr байланысты бірегей жағдай байқалады, Жк абсолютті көп мәні айқын түрде аталған радионуклид үшін бұдан бұрын алынған Жк қатыстық төмен шамасына қарай ығыстырылған.



8-Сурет. ССП түрлі аумақтары үшін ^{137}Cs және ^{90}Sr Лг Жк мәнінің таралуы

ҚОРЫТЫНДЫ

Өткізілген зерттеулердің нәтижесінде «Тәжірибе даласы» алаңындағы далалық өсімдіктер үшін радионуклидтерді жинақтаудың мөлшерлік параметрлері белгіленген. $^{239+240}\text{Pu}$ Жк мәнінің диапазоны (0,00001–0,04) 3 есені, Жк ^{241}Am (0,0001–0,01), ^{137}Cs және ^{90}Sr (0,001–0,1) – 2 есені құрайды. Ядролық сынақтар өткізілген түрлі эпицентрлар үшін және өсімдіктердің жеке бір түрлері үшін радионуклидтердің жинақталуында белгілі бір айырмашылықтар байқалады.

Өсімдіктерде радионуклидтердің жинақталуына топырақтың қарастырылған физика-химиялық қасиетінің маңызды түрде әсер етуі анықталған жоқ.

Өткізілген зерттеулерден алынған нәтижелер статистикалық шынайы дерек болып табылады, ССП басқа аумақтарына қарағанда және жинақталған халықаралық материалдардың деректері бойынша Жк мәні бірқатар төмен.

Авторлар Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының қызметкерлері Ю.Ю.Яковенкоға, Е.А.Еременкоға, Н.А. Елизарьеваға картографиялық материалдарды құруға, Ю.А.Шевченкоға, А.М.Қозкееваға, Л.А. Немытоваға, Л.Ф.Субботинаға өсімдік үлгілерінің сынамаларын дайындауға, Т.Н. Байсеркеноваға, Г.А. Бакироваға

топырақтың физика-химиялық талдамасын орындауға, О.Ю.Коровинаға, Н.В.Брянцеваға, С.Е.Салменбаевқа, О.И.Чередовқа және басқаларына, сонымен қатар Ядролық физика институтының қызметкерлері В.Н.Глуценкоға, А.П.Ковальға және басқаларға спектрометриялық және радиохимиялық талдамаларды ұйымдастыру және оны сапалы орындауға көмек көрсеткені үшін алғыстарын білдіреді.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. Қазақстан радиоэкологиясының өзекті мәселелері [Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының 2007-2009 жж. еңбектер жинағы] / жетекш. Лукашенко С.Н. – 2-Шығ. – Павлодар: Баспа Үйі, 2010. – Б. 301-320.: ил.-Библиогр.: б. 528. - ISBN 978-601-7112-28-8.
2. Аумақтың және бөлмелердің гамма – аясын өлшеу әдісі: Қазақстан Республикасының Мемлекеттік санитарлық бас дәрігерінің орынб. бекіткен Спатаев М.Б. 25.08.1997: Республикалық санэпидемстансаның радиациялық гигиена бөлімінің меңг. Вдавиченко Г.Д. - 1 б.
3. Далалық геоботаника- т. 1.-1959.-444 б.; т. 2.-1960.-500 б.; т. 3.-1964.-530 б.; т.4.-1972.-336 б.; т.5.-1976.-320 б. М., Ғылым.
4. Қазақстан Республикасының Топырақтар мен өсімдіктерді зертханалық зерттеу бойынша әдістемелік көрсеткіштер жинағы / жетекш. Дюсенбекова З.Д.; Жер ресурстары мен жерді қолданудың мемлекеттік ғылыми-өндірістік орталығы. – Алматы, 1998. – 222 б.
5. МемСТ 17.5.4.01–84. Аршу және сыйдыру жыныстарын сумен сорғылаудың рН анықтау әдісі. Табиғатты қорғау. Жерлерді рекультивациялау (құнарлығын қалпына келтіру). – Кіріспе. 01.07.85. – Стандарттар басыл. – М, 1985, - 3 б.
6. Агрохимия бойынша практикум / ред-ған В.Г. Минеев. – М. : ММУ, 2001. – 268 б.
7. МИ 5.06.001.98 ҚР «Үлгілік көлемдегі радионуклидтердің белсенділігі. МИ 2143-91 гамма-спектрометрде өлшеулерді орындау әдістемесі» - 18 б.
8. «Прогресс» бағдарламалық қамтамасыз етілетін сцинтилляционды бета-спектрометрді пайдалана отырып радионуклидтердің белсенділігін өлшеу әдістемесі, Менделеево, - 20 б.
9. Қоршаған орта нысандарындағы плутоний-(239+240), стронций-90, америций-241 изотоптарын анықтау әдістемесі: МИ 06-7-98. – Алматы, 1998.
10. Анненков Б.Н. Ауылшаруашылық радиологиясының негіздері / Б.Н. Анненков, Е.В. Юдинцева. – Москва, 1991. – Б. 56-83.
11. Лысенко Н. Органың радиоактивті ластану жағдайында малшаруашылығын жүргізу / Н.Лысенко, А.Пастернак, Л.Рогожина. - СПб: Лань, 2005. – Б. 35-36.
12. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Quantification of radionuclide transfer in terrestrial and freshwater environments for radiological assessments, IAEA -TECDOC-1616, IAEA, Vienna (2009) – 163 p.

ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕХОДА ИСКУССТВЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ ИЗ ПОЧВЫ В РАСТЕНИЯ СТЕПНЫХ ЭКОСИСТЕМ НА ПЛОЩАДКЕ «ОПЫТНОЕ ПОЛЕ» БЫВШЕГО СИП

**Ларионова Н.В., Лукашенко С.Н., Кундузбаева А.Е.,
Иванова А.Р., Келлер С.А.**

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

В статье представлены количественные параметры накопления радионуклидов степными растениями на площадке «Опытное поле». Установлены диапазоны значений коэффициентов накопления радионуклидов ^{241}Am , ^{137}Cs , ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$. Отмечены определенные различия в накоплении радионуклидов для отдельных видов растений и для разных эпицентров проведения ядерных испытаний. Рассмотрены физико-химические свойства светло-каштановых почв и их влияние на накопление радионуклидов растениями. Приведен сравнительный анализ коэффициентов накопления радионуклидов для степных растений с «Опытного поля» с коэффициентами накопления для растений с других участков бывшего Семипалатинского испытательного полигона.

Ключевые слова: радиоэкология, радиоактивное загрязнение, радионуклиды, ^{241}Am , ^{137}Cs , ^{90}Sr , $^{239+240}\text{Pu}$, формы нахождения радионуклидов, светло-каштановые почвы, физико-химические свойства почв, растения, коэффициенты накопления (ЖК).

TRANSITION FEATURES OF ARTIFICIAL RADIONUCLIDES FROM SOIL INTO PLANTS WITHIN STEPPE ECOSYSTEMS AT THE "EXPERIMENTAL FIELD" OF FORMER STS

**N.V. Larionova, S.N. Lukashenko A.E. Kunduzbaeva,
A.R. Ivanova, S.A. Keller**

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

The paper presents the quantitative parameters of radionuclides accumulation in steppe plants at "Experimental field" site. Value ranges were established for the coefficients of accumulation of ^{241}Am , ^{137}Cs , ^{90}Sr and $^{239+240}\text{Pu}$. There were specified some differences in the accumulation of radionuclides for certain plant species and for various ground zeros of nuclear tests. There were examined physico-chemical properties of the light-chestnut soils and their influence on the accumulation of radionuclides in plants. A comparative analysis of radionuclides accumulation coefficients in steppe plants from the "Experimental Field" with accumulation coefficients for plants from other parts of the former Semipalatinsk test site.

Keywords: Radioecology, radioactive contamination, radionuclides, ^{241}Am , ^{137}Cs , ^{90}Sr , $^{239+240}\text{Pu}$, radionuclides speciation, light chestnut soil, physical and chemical properties of soils, plants, accumulation coefficients (Ac).

УДК 577.391:577.4:504.53:539.16

ССП АУМАҒЫНДАҒЫ КЕЙБІР ТЕЛІМДЕРДІҢ ТОПЫРАҒЫНАН РАДИОНУКЛИДТЕРДІ АНЫҚТАУ ФОРМАСЫН САЛЫСТЫРМАЛЫ ТҮРДЕ БАҒАЛАУ

Құндызбаева А.Е., Қабырқақова А.М., Лукашенко С.Н., Магашева Р.Ю.

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

Бұл мақалада радиоактивті ластанудың түрлі сипатымен және деңгейлерімен, топырақтың түрлерімен, рельефімен және климаттық жағдайларымен сипатталатын бұрынғы Семей сынақ полигоны аумағының түрлі телімдеріндегі топырақтан ^{137}Cs және ^{90}Sr , ^{241}Am және $^{239+240}\text{Pu}$ техногенді радионуклидтерін анықтау формасына жасалған зерттеулердің нәтижелері келтірілген. Алынған деректерге салыстырмалы түрде талдау жасауда ССП аумағының түрлі телімдеріндегі топырақта радионуклидтердің қозғалысының ерекшеліктерін анықтауға мүмкіндік берді. «Тәжірибе даласы» алаңы үшін ^{137}Cs , ^{241}Am , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{90}Sr зерттелген барлық радионуклидтерінің жылыстауының ерекшелігі төмен болуы тән. Олардың негізгі құрамы өсімдіктерге жетпейтін түрде орын алған. «Дегелең» алаңындағы көрініс басқа сипатта. Рельефтік және топырақтық жағдайлар тән, жоғары деңгейде ылғалданған жайылымдық топырақта радионуклидтердің жылыстау қасиеті едәуір айқындалған сипатта. «Дегелең» алаңының топырағында жылыстау қасиетінің деңгейі жоғарылау деген радионуклид ^{90}Sr болып табылады, орташа шамамен алғанда аталған радионуклидтің жартысынан астам құрамы алмаспалы түрде орын алған. Жайылымдық топырақта қозғалысы аздау ^{241}Am және ^{137}Cs радионуклидтері болып табылады. ССП аумағының «аялық» телімдеріндегі радионуклидтердің қозғалысы «Тәжірибе даласы» мен «Дегелең» алаңдарының топырақтарындағы қозғалысының аралық орналасуына ие. Ерекше түрде ^{90}Sr радионуклиді алынған, оның «солтүстік» аумақтың топырағындағы қозғалысы, жеңіл қол жетімді формалардың үлесіне барлық формалардың жиынтық құрамынан орташа алғанда 77% болып табылады.

Түйін сөздер: радиоактивті ластану, ССП, радионуклидтерді анықтау формасы, бірізді экстрагирлеу, «Тәжірибе даласы» алаңы, «Дегелең» алаңы, «солтүстік» және «батыс» аумақтар.

КІРІСПЕ

Қоршаған ортадағы радионуклидтердің биологиялық қол жетімділік механизмдерін сәйкестендірудің радиоактивті ластанудың адам үшін шынайы қауіпі тұрғысынан анықтаушы мағынасы бар. Топырақ тағамдық тізбек бойынша радионуклидтердің жылыстауының алғашқы буыны болып табылады, ол радионуклидтердің топырақ және топырақ-өсімдік жүйесіндегі қозғалмалығын анықтайтын сандық сипаттамасын жан-жақты зерттеудің қажеттілігін анықтайды.

Радионуклидтердің ауқымды түсулердегі, Чернобыль АЭС апатты шығарындыларымен радиоактивті ластанған топырақтардағы, Орта және Оңтүстік Оралда – штаттық жұмыс істейтін Белоярская АЭС мен «Маяк» ӨБ кешенді ядролық кәсіпорынның әсер етуші аймақтарындағы қозғалу ретінің қолда бар көптеген зерттеулерінің талдауы сол немесе басқа радионуклидтердің әр түрлі типті топырақтағы қозғалу ретінің түрлі сипаты бар екендігін көрсетеді.

Топырақ-өсімдік жамылғысына түсетін радионуклидтердің физика-химиялық жағдайы уақыт өте келе өздеріне тән қасиеттеріне, сіңіргіш кешеннің ерекшеліктері мен топырақ бейінінің генетикалық құрылысына, сондай-ақ бірқатар экологиялық факторларға байланысты [1–4]. Бұрынғы Семей сынақ полигонының бірегей экологиялық, табиғи және климаттық жағдайлары оны қоршаған ортадағы радионуклидтердің қозғалыс ретін зерттеу бойынша табиғи зертхана ретінде пайдалануға мүмкіндік береді. Бұрынғы ССП зерттеліп жатқан аумақтарында оның ерекшеліктерін ескере отырып, шаруашылық қызметті жүргізудің мүмкін жағдайында әсіресе өзекті болады [5].

Аталған жұмыс ^{137}Cs , ^{241}Am , ^{90}Sr және $^{239+240}\text{Pu}$ радионуклидтерінің ССП аумағының түрлі телімдер топырағында – штольнялардың радиоактивті-ластанған ағын суларының әсеріне ұшыраған жайылымдық экожүйелердің топырағында, түрлі типті жерүсті радиоактивті ластануға ұшыраған дала экожүйелерінің топырағында және радионуклидтердің «аялық» құрамы бар топырақтардағы биологиялық қозғалмалық параметрлерін зерттеу нәтижелерін қорытындылауға арналған.

Алынған деректер ССП аумағының түрлі телімдерінің топырақтарындағы техногенді радионуклидтердің қозғалу ретінің ерекшеліктерін анықтауға мүмкіндік береді. Топырақтағы техногенді радионуклидтердің анықтау формасын зерттеу нәтижелері ремедиация, ССП жерлерінің радиоэкологиялық жағдайларын жақсарту бойынша, ССП түрлі аумақтарында өсетін өсімдіктердегі радионуклидтердің құрамының деңгейін болжау бойынша іс-тәжірибелік ұсыныстар әзірлеуге ары қарай негіз болуы мүмкін.

1. ЗЕРТТЕУ МАТЕРИАЛДАРЫ МЕН ӘДІСТЕРІ

1.1. Зерттеу нысандары

Аталған жұмыста берілген нәтижелер ССП аумағының түрлі экожүйелеріндегі радионуклидтердің анықтау формаларының көп жылдық зерттеулері барысында алынған болатын (2008–2011 жж.) Зерттеліп жатқан телімдер радиоактивті ластанудың сипаты мен деңгейіне, топырақтық-климаттық жағдайларға байланысты үш топқа біріктірілді.

I телім. «Дегелең» алаңы

«Дегелең» сынақ алаңы географиялық қатынасы бойынша осы аттас төментаулы массив ретінде берілген, ол Қазақ қатпарлы елінің солтүстік-шығыс бөлігі болып табылады. Аумақтың жалпы ауданы – шамамен 220 шаршы км. ССП қызмет жасап тұрған уақытында көлденең жасалған-штольнялардағы ядролық сынақтарды жүргізу орнының қызметін атқарған. Ядролық жарылыс өнімдерінің негізгі массасы штольнялардың қазан-шұңқыр қуыстарында шоғырланған болса да, радионуклидтер күндізгі жер бетіне штольнялардың қазан-шұңқыр қуыстарына түсетін сулармен бірге шығарылады [6]. «Дегелең» сынақ алаңының зерттеліп жатқан телімдері ретінде № 176 және № 177, штольнялардың порталалды алаңдары аудандарындағы тұрақты ағынды суымен сипатталатын экожүйелер тандап алынған [2, 3, 7 – 10]. Штольнялардан ағатын ағын сулар деп аталған алаңдардың қазіргі уақыттағы ластануының аса маңызды көздері ретінде анықталған.

II телім. «Тәжірибе даласы» алаңы

«Тәжірибе даласы» алаңы аласа таулармен қоршалған, диаметрі шамамен 20 км болатын жазықтық ретінде берілген [3]. Бұл алаңда жерүсті, ауа және биіктіктегі ядролық жарылыстар, оның ішінде үлгілі тәжірибелер де жүргізілді. Барлығы 100-ден аса жарылыс жүргізілді. Сынақтар нәтижесінде үлкен аумақтардың ластануы полигонда да, сол сияқты одан тыс жерде де орын алды. «Тәжірибе даласы» алаңындағы зерттеліп жатқан телімдер ядролық жарылыстар жүргізілген орындарға – жерүсті және ауа жарылыстары жүзеге асырылған П-1, П-2, П-3, П-5 және П-7 техникалық алаңдарына бекітілген. П-2Г (П-7) алаңында дала жағдайларында үлгілі сынақтар деп аталатын – гидродинамикалық және гидроядролық тәжірибелер жүргізілді.

III телім. Аялық телімдер – ССП аумағының «солтүстік» және «батыс» аумақтары

ССП аумағының «солтүстік» және «батыс» телімдерінің дала топырағындағы радионуклидтерді анықтау формаларын зерттеу кешенді радиоэкологиялық зерттеулер шеңберінде жүргізілді [4, 11]. Зерттеулер нәтижесінде бұл аумақтарды қандай да бір шектеусіз пайдаланудың мүмкіндігі туралы қорытынды жасалды. Қабылданған ұсыныстардың негізінде ССП аталған телімдері «аялық» ретінде анықталды.

«Солтүстік» және «батыс» аумақтарында радиациялық жағдайды қалыптастыру, негізінен, келесі сынақтармен байланысты болуы мүмкін:

- «Тәжірибе даласы» алаңындағы атмосфералық ядролық және үлгілі тәжірибелер;
- «4а» алаңындағы әскери радиоактивті заттектер сынақтары;
- «Сары-Өзен» алаңында № 1003 ұңғымасындағы жерасты ядролық сынақтар (сондай-ақ № 101, № 125 ұңғымаларында –«батыс» аумақтар үшін).

1.2. Сынамаларды іріктеп алу

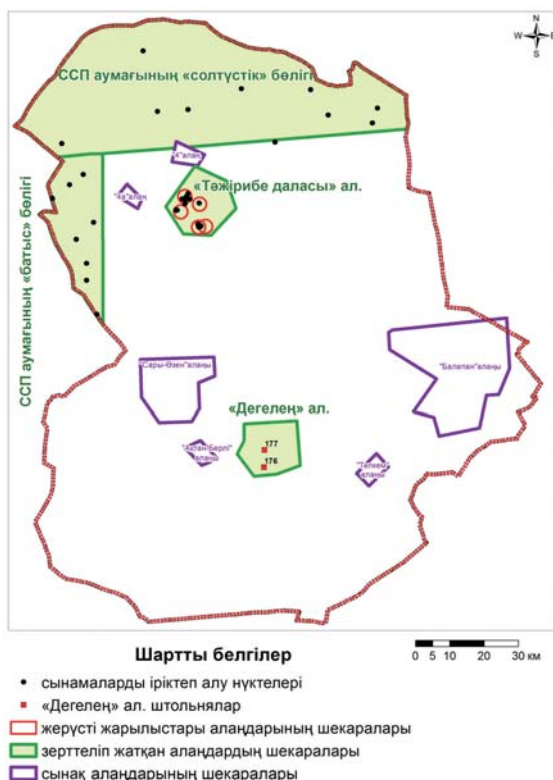
Барлық зерттеліп жатқан телімдерде топырақ сынамаларын іріктеп алу аса жоғары деңгейлі радиоактивті ластану бар жерлерде жүргізілді. Топырақ сынамаларын іріктеп алу нүктелері радионуклидтердің өсімдіктермен жинақталу коэффициентін анықтау үшін іріктеп алынатын өсімдіктердің сынамаларын іріктеп алу нүктелеріне бекітілген болатын.

«Дегелең» сынақ алаңында №176 және №177 штольнялардың порталалды телімдері аумағында топырақ сынамаларын іріктеп алу штольнялар порталдарынан алыстаған сайын ағын сулардың арна бойымен жүргізілді. Тиісінше, ауданы 100 см² кем емес, 20 см тереңдікте топырақ сынамаларын іріктеп алу бар 30 және 36 зерттеу алаңдары салынды.

«Тәжірибе даласы» алаңында 32 зерттеу алаңдары салынды. Сынамаларын іріктеп алу 0–5 см тереңдікте, ауданы 100 см², тікелей сынақтар эпицентрларына іргелес телімдерде жүргізілді. Барлығы негізгі бес алаңда - П-1, П-2, П-3, П-5 және П-7 орналасқан 12 тиісті телімдер бөлініп алынды.

ССП аумақтарының «солтүстік» және «батыс» – былайша айтқанда, аялық телімдерінде – тиісінше, 10 және 8 зерттеу алаңдары салынды. Сынамаларды іріктеп алу ауданы 600 см², 0–3 см тереңдікте жүргізілді.

Зерттеліп жатқан телімдер орналасуының жалпы сұлбасы 1-суретте берілген.



1-Сурет. ССП зерттеліп жатқан телімдердің орналасу сұлбасы

1.3. Радионуклидтерді анықтау формасын анықтау

Радионуклидтердің топырақтық сіңірімді кешен элементтері арасында таралуын көрсететін биологиялық қол жетімділігін бағалау үшін екі негізгі көрсеткішті – радионуклидтерді топырақта анықтау формаларының және өсімдікке өту (жинақталу) коэффициенттерінің өзара бірігуін пайдаланады [12].

Табиғи ортадағы радионуклидтердің жағдайларының көптүрлі формалары арасында олардың таралуы мен қоршаған ортадағы ретін болжау тұрғысында, ең бірінші судаерігіш, ауыспалы және қозғалмайтын формаларын бөліп көрсеткен дұрыс [13, 14]. Мұндай анықтама жеткілікті дәрежеде шартты, өйткені топырақтардағы радионуклидтердің бекітілуі әр түрлі процестердің салдары болады және тамырлық сіңіру үшін пайда болатын қосылыстардың қол жетімділігі радионуклидтердің өздерінің физика-химиялық қасиеттеріне байланысты ерекшеленеді [15].

Су сығындысына топырақтан иондық алмасу механизмі бойынша қайта сіңірілетін радионуклид катиондары, сондай-ақ топырақ құрауыштары (бейтарап немесе аниондық формада) бар радионуклидтердің кешенді қосылыстары ауысады. Су сығындысының ерітіндісіндегі радионуклид катиондарының шоғырлануы иондық алмасу тепе-теңдік жағдайына сәйкес бекітіледі, ол топырақтың ауыспалы сыйымдылығының көлемімен

және ерітіндідегі ауыспалы иондар шоғырлануымен анықталады. Топырақтағы негізгі ауыспалы иондар Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ және H^+ болып табылады [16].

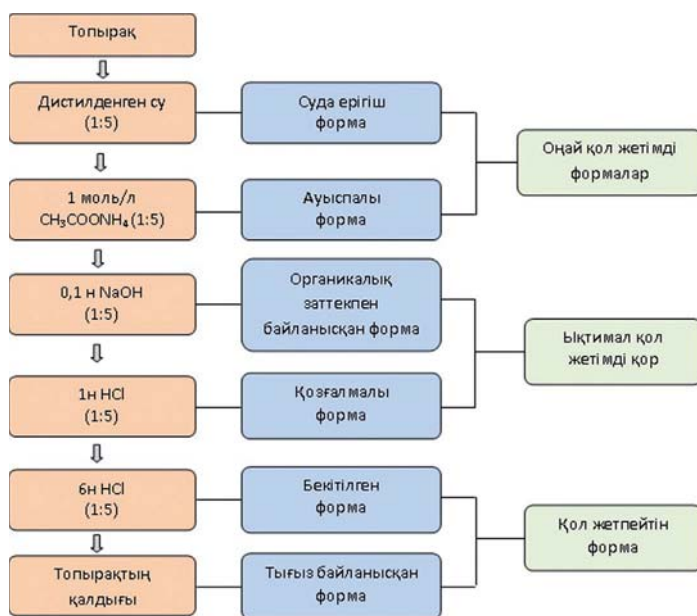
Ацетатты-аммонийлі сығынды арқылы топырақта иондық алмасу механизмі бойынша сіңірілген радионуклидтер өтеді [3, 8].

0,1н NaOH ерітіндісімен экстрагирленетін органикалық формалар өздерінің құрамына топырақтың органикалық заттектерімен байланысты радионуклидтерді қосады. Оның ішінде, фракция I құрамында – гуминді қышқылдар және фульфоқышқылдар (ГК және ФК) және олардың тұздары, еркін немесе топырақтың минералды бөлігімен тығыз емес байланысқан, NaOH ерітіндісінде 0,1н ерітінділер (Тюрин бойынша) [17]. Ертитін қарашірікті заттектер гуматтар мен фульваттар түзей отыра, ауыр металдардың катиондарымен, сонымен қатар жасанды радионуклидтермен өзара байланыса алады. Бұл реакциялар кешенді гетерополярлы немесе қарапайым тұздардың жүрісіне және пайда болу заңдылығына бағынады және улы элементтердің өсімдіктерге түсуіне, аккумуляциялануына және жылыстау қасиетіне әсерін тигізеді.

1н HCl ерітіндісімен экстрагирленетін қышқылерігіш қосылыстар өзіне көбінесе ауыспалы емес формадағы радионуклидтерді қосады, өйткені бұлар - радионуклидтердің табиғи ортада қалыпты жағдай кезінде топырақ ерітінділеріне өтпейтін, бірақ ықтимал-қол жетімді қор жасай отыра, тамырлық түсу кезінде өсімдіктермен сіңірілуге қабілетті формалар [4, 18]. 6н HCl қышқыл сығындысына радионуклидтер ауыспалы емес, қайтпастай сіңірілген, өсімдіктерге қол жетпейтін жағдайында өтеді.

Тығыз байланысқан формалар өзінің құрамына жоғарыда аталған реагенттерде ерімейтін және өсімдіктерге қол жетпейтін радионуклидтерді қосады.

Аталған жұмыста радионуклидтерді анықтау формасын зерттеу сұлбасы 2-суретте берілген бірізді экстрагирлеу әдісін пайдалану арқылы жүргізілді.



2-Сурет. Бірізді экстрагирлеудің жалпы сұлбасы

Кейбір жағдайларда бірізді экстрагирлеудің қысқартылған сұлбасы пайдаланылды. № 177 штольня ауданындағы экожүйе топырағында ^{241}Am және $^{239+240}\text{Pu}$ радионуклидтерін және аялық аумақтардағы ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{241}Am , $^{239+240}\text{Pu}$ радионуклидтерін анықтау формасын зерттеу кезінде аса қысқартылған сұлбасы пайдаланылды.

Судаерігіш формалар дистилденген сумен (1:5 топырақ пен сілтілендіруші ерітіндінің өзара қатынасы кезінде), ауыспалы формалар – $1\text{M CH}_3\text{COONH}_4$ ($\text{pH}=6,8$) (1:5) ерітіндісінің көмегімен бөлінді. Органикалық формаларды $0,1\text{N NaOH}$ ерітіндісін пайдалану арқылы экстрагирледі. Ауыспалы емес (қышқылда еритін) – қозғалмалы және бекітілген формаларды 1N HCl және, тиісінше, 6N HCl ерітінділерімен бөлді. Тығыз байланысқан формаларды тікелей экстрагирлеуден кейінгі топырақ қалдықтарында анықтады.

Топырақтың сілтілендіруші ерітіндімен байланыс уақыты тәжірибенің барлық кезеңдерінде 12 ± 2 сағатты құрады.

Топырақ үлгілері мен сығындыларындағы ^{137}Cs және ^{241}Am құрамын аспапты гамма-спектрометриялық әдіспен анықтады. ^{90}Sr топырақ үлгілеріндегі тиесілі белсенділігін бұзылмайтын әдіспен – ^{90}Sr тиесілі белсенділігінің тиімділігін тура аспапты өлшеумен, «Прогресс» бағдарламалық қамтамасыздандыруы бар бета-спектрометрде анықтады. Сығындылар үлгілеріндегі ^{90}Sr және $^{239+240}\text{Pu}$ ауқымды белсенділігін – радиохимиялық әдіспен анықтады [19–23].

1.4. Топырақ жамылғысының сипаттамасы және топырақтың физика-химиялық қасиеттері

Зерттеліп жатқан телімдердің топырақ жамылғысының жалпы сипаттамасы жарияланған әдеби деректер бойынша берілген [24–26]. Аса жан-жақты суреттеу үшін топырақ қималарын салынып, генетикалық көкжиектер бойынша топырақтың негізгі физика-химиялық қасиеттерін анықтауға үлгілер іріктеп алынды.

Топырақ үлгілеріндегі физика-химиялық параметрлерді топырақтанудағы жалпы қабылданған әдістермен анықтады. Органикалық заттектің құрамын ЦИНАО модификациясында Тюрин әдістемесі бойынша анықтады; су сығындысының pH – потенциометриялық әдіспен; сіңірілген негіз – трилонометриялық әдіспен; судаерігіш тұздардың құрамы; карбонаттар құрамы – ауқымды әдіспен; гранулометриялық құрамы – тамшуыр-әдіспен анықталды [27–31].

2. НӘТИЖЕЛЕР МЕН ОЛАРДЫ ТАЛҚЫЛАУ

2.1. Зерттеліп жатқан экожүйенің сипаттамасы

2.1.1. «Дегелең» алаңының жайылымдық топырақтары (№ 176, № 177 штольнялар)

Топырақ-географиялық жағынан Дегелең төментаулы массиві ақшыл-қызғылт топырақтардың аймақтық кіші типі бар шөлейткіші аймақтық далаларда орналасқан.

Аталған деректер мен топырақ жамылғысының алынған суреттемесінен (1-кесте), №176 және №177 штольнялардың 2 зерттеу экожүйелерінің топырағы жайылымдық қатар топырағына жататынын байқауға болады. Топырақтар, негізінен, аз қуат-

ты. Арнадағы топырақ қалыңдығының қуаты 40–60 см, жағалаулық аймақта 20–40 см аспайды. Олар өте жақсы қарашіріктелген, ерекше түрде арнаның ортасы бойында, тез еритін тұздар мен карбонаттардан жақсы тазаланған, су суспензиясының рН беткі қабатта сирек бейтарапты түрде, жиірек аз сілтіленген немесе сирек сілтіленген. Топырақ-сіңіргіш кешенде Са катионы басым. Механикалық құрамы бойынша № 176 штольняның ағын су экожүйесіне жіті зерттеу жүргізген телімінде топырақтар, негізінен, жеңіл саздақ және құмдақ, сирек орташа саздақ, ал № 177 штольнясының ағын су телімінде қопсыған шөгінділерден орташа және ауыр саздақтар орын алған. Бұл еңіске байланысты шартталған және аумақтың анжылауының төмендеуіне байланысты шартталған. Зерттеліп жатқан барлық жайылымдық топырақтар барлық топырақ бейіні бойынша үлкен үгіткіш материалды қосумен ерекшеленеді: ең ұсақ жұмыр тастары бар ірі құм, ірі құм және ірі шаң. № 176 штольняның ағын су жүйесіндегі жайылымдық топырағында 0,1–11 % шегінде шөгінді бөлшектерінің құрамы жатыр, ал № 177 штольняның экожүйесіндегі аз анжыланған топырақта, шөгіндінің құрамы 19–31 % дейін жетеді. Осылайша, жергілікті еңістің төмендеуі және ағымның жылдамдығы, тиісінше, аумақтың табиғи түрде анжылануына алып келеді, бұл топырақ көрсеткіштерінде де байқалады: жіңішке бөлшектердің мөлшері ұлғаяды, беткі көкжиекте тез еритін тұздардың жинақталуы байқалады, жіңішке қарашіріктің мөлшері ұлғаяды [32].

2.1.2. «Тәжірибе даласы» алаңының топырақтары

Жүргізілген дала және зертханалық жұмыстар (1-кесте) негізінде топырақ жамылғысы жеткілікті бірыңғай екенін атап айтуға болады. Зерттеліп жатқан топырақтар ақшыл-қызғылт, құмдақтарға жатады. Барлық топырақтар карбонатты, қайнауы қарашіріктік көкжиектің жер беткі бөлігінен де, сол сияқты төменгі бөлігінен де байқалады. Шамамен 100 см тереңдікте барлық зерттеліп жатқан алаңдарда ағаш-құмдақ шаңды көкжиек кездеседі. Зерттеу уақытында топырақ таза болды, бірақ аса терең белгілерде немесе көктемде ол сутолымды болуы мүмкін. Жер бетінің солтүстікке қарай еңісі болған кезінде ол анжылау жүйесінің қызметін атқаруы мүмкін, бірақ, әлсіз, өйткені кері жағдайда топыраққұмдар жер бетінен 1 м шекте карбонатты болмас еді.

1-Кесте.

Зерттеліп жатқан топырақтардың физика-химиялық көрсеткіштері

Топырақ сипаттамасы	№ 176 шт.	№ 177 шт.	«Тәжірибе даласы»	«солтүстік»	«батыс»
Органикалық заттектің шоғырлануы, С, %	14,0 7,1 ÷ 23,0	16 11 ÷ 21	1,7	Анықталған жоқ	Анықталған жоқ
рН су суспензиясы (өзекті қышқылдық)	7,5 6,8 ÷ 7,9	7,5 7,1 ÷ 7,9	7,9 7,0 ÷ 8,8	Анықталған жоқ	Анықталған жоқ
Тұздардың сомасы, %	0,045 0,02 ÷ 0,27	0,2 0,05 ÷ 0,6	0,13 0,04 ÷ 0,62	Анықталған жоқ	Анықталған жоқ
Ауыспалы негіздер сомасы, мг-экв/100 г	27 17,0 ÷ 40,4	41 28 ÷ 52	14,7 6,0 ÷ 79,2	Анықталған жоқ	Анықталған жоқ
Карбонаттар, %	-	-	1,3 0,1 ÷ 5,0	Анықталған жоқ	Анықталған жоқ

Топырақ сипаттамасы	№ 176 шт.	№ 177 шт.	«Тәжірибе даласы»	«солтүстік»	«батыс»
Гранулометриялық құрамы					
физикалық саздың құрамы (топырақ бөлшектерінің мөлшері <0.01 мм), % оның ішінде:	23,0 15,0 ÷ 37,1	42,0 32 ÷ 59,0	27,5 67,6 ÷ 40,4	Анықталған жоқ	Анықталған жоқ
шөгінді бөлшектер (<0.001 мм), %	5,3 0,13 ÷ 10,8	24 19 ÷ 31,1	17,7 40,9 ÷ 23,8	Анықталған жоқ	Анықталған жоқ
ұсақ шаң (0.001–0.005 мм), %	9,1 0,2 ÷ 17,1	9,4 3,4 ÷ 25,0	9,2 0,53 ÷ 23,9	Анықталған жоқ	Анықталған жоқ
орташа шаң (0.005-0.01 мм), %	8,6 3,3 ÷ 13,8	9,4 3,2 ÷ 15,4	8,2 0,29 ÷ 17,3	Анықталған жоқ	Анықталған жоқ
ірі шаңның бөлшектерінің құрамы (0.01–0.05 мм), %	29 12,6 ÷ 41,0	35,0 3,2 ÷ 48,4	12,1 2,9 ÷ 22,4	Анықталған жоқ	Анықталған жоқ
¹³⁷ Cs топырақтағы тиесілі белсенділігі, Бк/кг	27 371 26,0 ÷ 452 020	1 900 16 ÷ 8700	2 851 340 ÷ 9 000	26,1 13,5 ÷ 50,2	33,7 8,3 ÷ 52,1
⁹⁰ Sr топырақтағы тиесілі белсенділігі, Бк/кг	11 874 610 ÷ 33050	72 000 1700 ÷ 117000	4 200 560 ÷ 29000	13,8 4,9 ÷ 76,5	7,0 1,0 ÷ 16,0
²⁴¹ Am топырақтағы тиесілі белсенділігі, Бк/кг	Анықталған жоқ	400 200 ÷ 700	8 740 700-101 600	15,0 0,9 ÷ 2,5	3,7 0,3 ÷ 11,6
²³⁹⁺²⁴⁰ Pu топырақтағы тиесілі белсенділігі, Бк/кг	Анықталған жоқ	6 300 3 000 ÷ 12 000	67980 900 ÷ 1 300 000	7,4 1,1 ÷ 20,2	26,9 1,2 ÷ 101,0
Орташа мәндер (сызық үстінде) және мәндер диапазоны (сызық астында) берілген					

«Тәжірибе даласы» алаңының зерттеліп жатқан аумағының топырақтары жер бетінен әлсізсілтілі немесе 7,0-ден 8,4 дейінгі рН бар сілтілі. Төменге қарай топырақтың сілтілігі 7,9–8,8 дейін күшейеді. Қарашіріктің құрамы, негізінен, 2–3 % шөгінде тұр, бірақ, кейбір жағдайларда мәндер 5 % дейін жоғарылайды. Жербеткі көкжиектерде тезерігіш тұздардың жиынтығы 0,1 % кем, бұл оларды тұзды еместерге жатқызуға мүмкіндік береді. Бірақ тереңдеген сайын тұздану ұлғаяды, және тұздар сомасы 0,5 % жетеді. Сіңірілген негіздер арасында Са құрамының Mg құрамынан абсолютті артықтығы байқалады.

2.1.3. «Солтүстік» және «батыс» аумақтардың топырақтары

Зерттеліп жатқан «батыс» аумағы меридионалдық бағытта ұзындығы шамамен 230 км құрайтын салыстырмалы кеңемес жиек (шамамен 80 км) ретінде. ССП «солтүстік» аумағы Қазақ ұсақшоқының солтүстік-шығыс бөлігі мен делювиальды-пролювиальды шлейфпен берілген шоқылды жазықтық бөлігін алып жатыр. Құрғақ далалардың түрлі нұсқалары ретінде берілген қызғылт топырақтар аялық аумақтардың аймақтық топырақтары болып табылады. Аумақтың үлкен бөлігінде

аймақтық аз дамыған және толық емес дамыған аймақтық қызғылт тараған. Олар тығыз тамырлы жыныстармен құралған төбелердің етектерінде қалыптасады. Топырақ түзуші жыныстар ретінде аз қуатты элювиальды-делювиальды, шлейфпен немесе әлсіз желденген жыныстармен жақын салынған ұсақтасты құмдақтар орын алған. Ұсақ жер қабатының қуаты төбенің басынан етегіне дейін біртіндеп ұлғаяды, сонымен бірге топырақтардағы үккіш материалының ұсатылу дәрежесі ұлғаяды.

Төбелердің ортасында дамыған, сортаң және ақ сортаңдармен, бар жайылымдық-қызғылт, кешендегі жайылымдық топырақтар кездеседі.

Зерттеліп жатқан аумақтардың топырақ жамылғысы үшін, тұтасымен алғанда, жамылғылық борпылдақ шөгінділердің аздаған қуаты, органикалық заттектің аздаған құрамы тән.

Зерттеліп жатқан аумақта кеңінен тараған аз дамыған және толық емес дамыған топырақтардың негізгі морфологиялық белгілері ретінде қарашіріктік көкжиектің аз қуаты (15–25 см), сондай-ақ барлық борпылдақ қабат (40–60 см дейін) берілген, ол кезде қалыпты қызғылт топырақтардың қарашіріктік көкжиектің 15–40 см шектегі қуаты бар. Қалыпты, яғни толық дамыған бейіні бар қызғылт топырақтар қарастырылып отырған аумақта сирек, негізінен, ұсақ шоқыны солтүстікте және солтүстік-шығыста, төбелердің төменгі бөлігінде ұсақшоқыда қоршайтын делювиальды-пролювиальды шлейфте кездеседі. Барлық бейін бойынша тығыз жыныстың жақын созылып жатуы мен топырақтың ұсақ тастылығы кезінде карбонатты көкжиектің жоқ болуы байқалады. Механикалық құрам бойынша топырақтың жеңіл- және орташасазды түрлері басым. Аса көп тарағаны орташа қарашіріктілер (2,5–3,5 % қарашірік) түрлері. Қызғылт топырақтардың азот пен калийдің қозғалмалы формаларымен қамтамасыздануы орташа, қозғалмалы фосформен қамтамасыздануы – өте әлсіз. Топырақ ерітіндісінің реакциясы бейтарапқа жақын. Топырақтар, әдеттегідей, тұзды емес, өйткені гипсометриялық жағынан жоғары қалыпта бола тұра, жақсы анжыланған және сондықтан жеңілерігіш тұздардан және жиірек карбонаттардан шайылған.

Сонымен, ССП аумағында аса көп тарағаны – қызғылт және ақшық қызғылт кіші топтары бар, аздамыған және толық емес дамыған топырақтары бар аймақтық қызғылт топырақтар. Оларға тәні жоғары ұсақтастылық. Механикалық құрамы бойынша жеңілсазды және түрлісазды әртүрліліктер басым. Топырақтар, негізінен, жеңілерігіш тұздардан мен карбонаттардан жақсы шайылған. Аридті аймақтың («солтүстік» және «батыс» аумақтар, «Тәжірибе даласы» алаңы) топырақ сығындыларының рН жер бетінен бейтарап, төмен қарай әлсіз сілтілі және сілтілі. Қосымша ылғалдылығы бар («Дегелең» алаңы) жайылымдық топырақтарда рН ұлғаяды, жиірек әлсіз сілтілі және сілтілі. Органикалық заттектердің құрамы бойынша «Тәжірибе даласы» алаңының, «солтүстік» және «батыс» аумақтардың топырақтары орташа қарашірікті (орташа алғанда 2–3 %), ал жайылымдық топырақтар 21–23 % жете отыра, жеткілікті қарашірікті.

2.2. ССП топырақтарындағы радионуклидтерді анықтау формалары

2.2.1. «Тәжірибе даласы» алаңының топырақтарындағы радионуклидтерді анықтау формалары

«Тәжірибе даласы» алаңының топырақтарындағы радионуклидтерді табу формаларының құрамын зерттеу жеке қарастыруды талап етеді, өйткені аталған аумақтағы жерүсті және үлгілі сынақтармен қалыптасқан радиоактивті ластанудың бірегей сипатымен сипатталады.

«Тәжірибе даласы» алаңының топырақтарындағы радионуклидтерді табу формаларын зерттеу нәтижелері 2-кестеде берілген.

2-Кесте.

«Тәжірибе даласы» алаңының радионуклидтерді анықтау формасының құрамы, жиынтық құрамнан %

Анықтау формалары	¹³⁷ Cs, % (n=18)	²⁴¹ Am, % (n=17)	⁹⁰ Sr, % (n=24)	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu, % (n=9)
судаерігіш	< 0,4	< 1,3	< 0,07	< 0,02
ауыспалы	< 0,7	< 1,2	< 1,4	< 0,02
органикалық	< 0,4	< 1,6	< 0,06	0,4
қозғалмалы	< 0,6	14,0	3,1	3,2
бекітілген	97,9	81,9	95,4	96,3
тығыз байланысқан				

Көптеген жағдайларда сандық емес нәтижелер алынғанына байланысты (зерттеудің пайдаланылып жатқан әдістемесінің табу шегінен аз мәндер), кестеде зерттеліп жатқан радионуклидтерді анықтау формалары құрамының бағалық деректері барлық формалардың жиынтық пайызы түрінде келтірілген.

⁹⁰Sr үшін аталған радионуклид үшін ғана тән сурет байқалады – негізгі құрамы (97,9 %) тығыз байланысқан формада көрсетілген. Аталған радионуклидтің судаерігіш, ауыспалы, органикалық және қозғалмалы формаларының құрамы көптеген жағдайда пайдаланылып жатқан әдістемесінің анықтау шегінен аз. ²⁴¹Am басым құрамы қол жетімді емес (бекітілген және тығыз байланысқан) формаларда берілген, 81,9% реттік. Іс жүзінде ²⁴¹Am радионуклидінің барлық формаларынан жиынтық құрамының 14% қозғалмалы формалары құрайды, олар өсімдіктер үшін ықтимал қол жетімді қор ретінде берілген. Радионуклидтердің жеңіл қол жетімді формалары құрамы бойынша 1,2–1,3 %-дан артық емес мәндерді құрайды. «Тәжірибе даласы» алаңының топырақтарындағы аса төмен жылыстау қасиеттерімен ²³⁹⁺²⁴⁰Pu изотоптары ерекшеленеді. Аталған радионуклидтердің жеңіл қол жетімді формалардың (судаерігіш және ауыспалы) құрамы барлық формалардың жиынтық құрамынан 0,02 % аспайды. Радионуклидтің бекітілген және тығыз байланысқан формаларының жиынтық құрамы орташа алғанда 96,3 % құрайды. Аса жоғары жылыстау қасиеттерімен ерекшеленетін ⁹⁰Sr радионуклиді «Тәжірибе даласы» алаңының топырақтарында ¹³⁷Cs, ²⁴¹Am және ²³⁹⁺²⁴⁰Pu ұқсас, жиынтық сомасында 95,4 % құрай отыра, қол жетпейтін формада. Оның қозғалмалы формадағы жоғары емес құрамы, орташа алғанда, 3,1 % байқалады. Судаерігіш, ауыс-

палы және органикалық формалардың құрамы пайдаланылып жатқан әдістемесінің анықтау шегінен төмен.

2.2.2. ССП топырақтарындағы радионуклидтерді анықтау формаларын салыстырмалы бағалау

Зерттеліп жатқан радионуклидтердің анықтау формаларының құрамы туралы жалпы суреттемені түсіну үшін ССП әр түрлі телімдерінің топырақтарында зерттелген телімдердің топырақтарындағы радионуклидтердің биологиялық қол жетімді параметрлерін салыстырмалы талдау жүргізілді. Жалпылама деректер 3–6-кестелерде берілген.

3-кестеде ^{137}Cs радионуклидін анықтау формаларының құрамы туралы деректер берілген.

3-Кесте.

Барлық зерттеліп жатқан телімдердің топырағындағы ^{137}Cs радионуклидін анықтау формасы құрамы, жиынтық құрамынан %

Нысан	Анықтау формалары					
	судаерігіш	ауыспалы	органикалық	қозғалмалы	бекітілген	тығыз байланысқан
№ 176 шт. (n=36)	< 0,5	6,8	-	4,5	26,0	62,2
№ 177 шт. (n=12)	<0,2	<0,4	1,2	4,0	3,4	90,8
«Тәжірибе даласы» (n=18)	< 0,4	< 0,7	< 0,4	< 0,6	97,9	
«солтүстік» (n=10)	< 18,0		-	<13,0	68,0	
«батыс» (n=8)	<16,4		-	<13,9	69,7	

^{137}Cs радионуклидінің ретінің зерттеліп жатқан телімдердегі сипаты әр түрлі. ^{137}Cs радионуклидінің аса биологиялық тұрақтылығы ауыспалы формалардың құрамы, орташа алғанда, 97,9 % құрайтын «Тәжірибе даласы» алаңының топырағында байқалады. № 176 және № 177 штольнялар ауданының экожүйе топырағындағы қол жетпейтін формалардың құрамы көп емес, шамамен 86–91 %. Бұл кезде радионуклидтің ауыспалы (6,8 % дейін) және органикалық формаларының (4,0–4,5 %) жоғары мәндері байқалады. Радионуклидтің таралуы ^{137}Cs радионуклидінің қол жетімді формалары (судаерігіш, ауыспалы және қозғалмалы) құрамының ұлғаю жағына қарай жүретін «аялық» телімдер топырағындағы ^{137}Cs радионуклидінің қозғалу ретінің тығыз байланысқан формалардың сәйкес орташа алғанда 68–70 % төмендеуі кезінде айырмашылығы көрінеді. ^{137}Cs радионуклиді көп жағдайда топырақтық-сіңірімді кешеннің минералды бөлігіне байланысты екені белгілі, ол топырақтағы қозғалмалығы мен өсімдікке өтуінде маңызды рөл атқарады [33]. Аталған фактта «аялық» телімдердің минералогиялық құрамының айырмашылығы маңызды рөл атқаруы мүмкін, бұл телімдер аталған уақытта әлі зерттелген жоқ. Сондай-ақ ^{137}Cs радионуклидінің ретіне № 176 және № 177 штольнялардың ағын су аудандарындағы топырақтардың

ылғалдылық режимі болжамды әсер етеді деп атап өтуге болады. Радионуклидтердің құрамының аялық деңгейлері бар телімдердің топырақтарында ^{137}Cs радионуклидінің қозғалу ретінің сипаты туралы біртекті қорытындылар жасау қиын және аса сезімтал әдістемелерді пайдалана отырып қосымша зерттеулерді талап етеді.

^{241}Am радионуклидін анықтау формалары құрамының нәтижелері 4-кестеде берілген.

4-Кесте.

Барлық зерттеліп жатқан телімдердің топырағындағы ^{241}Am радионуклидін анықтау формасы құрамы, жиынтық құрамынан %

Нысан	Анықтау формалары					
	судаерігіш	ауыспалы	органикалық	қозғалмалы	бекітілген	тығыз байланысқан
№ 176 шт. (n=36)	-	-	-	-	-	-
№ 177 шт. (n=12)	3,0		2,0	76,0	19,0	
«Тәжірибе даласы» (n=17)	< 1,3	< 1,2	< 1,6	14,0	81,9	
«солтүстік» (n=10)	< 17,6		-	58,2	< 24,2	
«батыс» (n=8)	≤ 30,8%		-	≤ 57,7%	≤ 11,5%	

Әр түрлі зерттелген телімдердің топырақтарындағы ^{241}Am радионуклидін анықтау формалары құрамының мәндерін салыстыра отырып, «Тәжірибе даласы» алаңының топырақтарында радионуклид аз биологиялық қол жетімділігімен сипатталады деген қорытынды жасауға болады. Өсімдіктерге қол жетпейтін формалардың құрамы (бекітілген және тығыз байланысқан формалар) 81,9 % жетеді. Бұрын айтылғандай, «Тәжірибе даласы» алаңының топырақтарында ^{241}Am радионуклиді барлық зерттелген радионуклидтер арасында аса көп жылыстау қасиеттері бар ретінде сипатталады. «Дегелең» алаңының және «аялық» телімдер топырақтарында ^{241}Am радионуклидін анықтау формаларының арақатынасын аталған радионуклидтің жылыстау мүмкіндіктері растайды. ^{241}Am радионуклиді максималды қозғалмалылығымен

№ 177 штольня ауданындағы экожүйенің жайылымдық топырақтарында байқалады, мұнда жеңіл қол жетімді формалардың құрамы 5 % дейін жоғарылаған, ал қозғалмалы формалардың құрамы 76 % жетеді. Тек радионуклидтердің жиынтық құрамынан 19 % тығыз байланысқан формалар құрайды. Мүмкін, ^{241}Am радионуклидінің қозғалу ретіне зерттеліп жатқан телімнің ылғалдылық режимі әсер етеді, бұл режим барлық факторлардан радионуклидтердің жылыстау қасиеттеріне аса көп дәрежеде әсер етеді. ^{241}Am радионуклидінің аса көп дәрежедегі қозғалмалы формаларының құрамы аялық телімдер топырақтарында мәндер бойынша 58 % жете отыра, № 177 штольняның топырақтарындағы мәндерге жақын. Радионуклидтің ауыспалы формаларының құрамы, бағалық деректер бойынша тиісінше 18 және 31 % құрай отыра, «солтүстік» және «батыс» аумақтардың топырақтарында жоғарылаған. Тығыз байланысқан және бекітілген формалардың үлесі, тиісінше, 24 және 12 % аспайды. Аялық телімдер то-

пырақтарындағы ^{241}Am радионуклидінің анықтау формаларына аса жан-жақты зерттеу жүргізу қажеттілігі бар, алайда қолда бар бағалау деректері аталған радионуклидтің жылыстау қасиеттерін байқатады.

5-кестеде ^{90}Sr радионуклидінің анықтау формалары құрамының деректері берілген.

5-Кесте.

Барлық зерттеліп жатқан телімдердің топырағындағы ^{90}Sr радионуклидін анықтау формасы құрамы, жиынтық құрамынан %

Нысан	Анықтау формалары					
	судаерігіш	ауыспалы	органикалық	қозғалмалы	бекітілген	тығыз байланысқан
№ 176 шт. (n=36)	1,1	53,4	-	35,2	6,4	3,9
№ 177 шт. (n=12)	53,00		1,8	33,1	8,2	3,9
«Тәжірибе даласы» (n=24)	< 0,07	< 1,4	< 0,06	3,1	95,4	
«солтүстік» (n=10)	77,1		-	≤ 20,0	≤ 2,9	
«батыс» (n=8)	48,8		-	38,9	12,3	

Барлық зерттеліп жатқан телімдердің топырақтарындағы ^{90}Sr радионуклидінің негізгі құрамы ауыспалы форма үлесіне келеді. Бұған кірмейтіні – «Тәжірибе даласы» алаңының топырақтары, онда ^{90}Sr радионуклиді, негізінен, барлық формалардың жиынтық құрамынан 95,4 % құра отыра, қол жетпейтін формада болады. Радионуклидтің құрамы бойынша азы болып қозғалмалы форма есептеледі, орташа алғанда 3,1 % жетеді. Судаерігіш, ауыспалы және органикалық формалары құрамының мәндері, көптеген жағдайларда, пайдаланылып жүрген әдістемелердің табу шегінен аз. Дегелең таулы массивінің жайылымдық топырақтарында ^{90}Sr радионуклидінің анықтау формаларының құрамы ерекшеленбейді. Іс жүзінде бірдей, орташа алғанда, барлық формалардың жиынтық құрамынан 53 %, ^{90}Sr радионуклиді № 176 және № 177 штольнялар ағын суларының топырақтарында жеңіл қол жетімді формада (судаерігіш және ауыспалы) болады. ^{90}Sr радионуклиді құрамының 33–35 % өсімдіктер үшін ықтимал қор ретінде тұрғаны ауыспалы формада. Тек барлық формалардың жиынтық құрамынан 10–12 % өсімдіктер үшін қол жетпейтін формалардың үлесіне келеді. Бұрын жарияланған деректерге сәйкес, «Дегелең» алаңы топырақтарында кейбір топырақтық сипаттамалардың радионуклидтің қозғалмалығына әлсіз әсері анықталды. Оның ішінде, топырақтардың механикалық құрамының әлсіз әсері (шөгінді бөлшектер мен физикалық саздың құрамы) және радионуклидтің бекітілген және тығыз байланысқан формаларының құрамына ауыспалы негіздер құрамының кері әсері анықталды.

^{90}Sr радионуклидінің анықтау формаларының «батыс» аумақтар топырақтарындағы арақатынасының жайылымдық топырақтардағы анықтау формаларының арақатынастарынан айырмашылығы жоқ.

^{90}Sr радионуклидінің жеңіл қол жетімді формаларының аса жоғары құрамы барлық формалардың жиынтық құрамынан 77 % аса отыра, «солтүстік» аумақтардың топырақтарында байқалады. «Солтүстік» аумақтардың топырақтарындағы радионуклидтер ретінің ерекшеліктері көрсетілген аумақтың радиоактивті ластануына көп әсер еткен «4а» алаңындағы әскери радиоактивті заттектер сынақтарынан түсулер салдарының әсері болуы мүмкін.

6-кестеде $^{239+240}\text{Pu}$ ^{90}Sr радионуклидінің анықтау формалары құрамының нәтижелері берілген.

6-Кесте.

Барлық зерттеліп жатқан телімдердің топырағындағы $^{239+240}\text{Pu}$ радионуклидінің анықтау формасы құрамы, жиынтық құрамынан %

Нысан	Анықтау формалары					
	судаерігіш	ауыспалы	органикалық	қозғалмалы	бекітілген	тығыз байланысқан
№ 176 шт. (n=36)	-	-	-	-	-	-
№ 177 шт. (n=12)	1,0		4,0	2,0	93,0	
«Тәжірибе даласы» (n=9)	< 0,01	< 0,01	0,3	1,0	98,7	
«солтүстік» (n=10)	< 1,3		-	≤ 3,8	94,9	
«батыс» (n=8)	≤ 3,0		-	≤ 2,6	94,3	

Зерттелген алаңдардың топырақтарындағы реттерінің аса ұқсастығы $^{239+240}\text{Pu}$ радионуклидінде бар. № 177 штольнясы ауданында, «Тәжірибе даласы» және «аялық» аумақтарда экожүйесінің топырақтарындағы аталған радионуклидтің анықтау формаларының арақатынасы өсімдіктер үшін қол жетпейтін формаларда (бекітілген және тығыз байланысқан) тұр. Қолжетпейтін формалардың максималды құрамы «Тәжірибе даласы» алаңының топырақтарында байқалады, мұнда орташа алғанда 98,7 % жетеді. «Дегелең» алаңының және аялық аумақтардың топырақтарындағы $^{239+240}\text{Pu}$ жетпейтін формаларының шамамен бірдей, 93–95 % шектерінде, бұл кезде радионуклидтің қозғалмалы формаларының жоғарылауы байқалады. № 177 штольня ауданының топырақтарында жеңіл қол жетімді формалардың құрамы 5 %, органикалық формалардың құрамы – 2 % жетеді.

Кешенді деректердің салыстырмалы талдауы ССП аумағының түрлі телімдерінің топырақтарындағы радионуклидтердің қозғалу ретінің ерекшеліктерін анықтауға мүмкіндік береді. «Тәжірибе даласы» алаңы үшін аталған аумақ топырақтарындағы зерттелген ^{137}Cs , ^{241}Am және $^{239+240}\text{Pu}$, ^{90}Sr радионуклидтерінің олардың төмен жылыстау қасиеттеріне байланысты салыстырмалы тұрақты формаларда тұрғаны туралы қорытынды жасауға мүмкіндік беретін деректер алынды. «Дегелең» алаңы үшін басқаша сурет тән. Рельефтік және топырақтық жағдайлармен сипатталатын ылғалдылықтың аса жоғары деңгейі бар жайылымдық топырақтарда радионуклидтер аса көрінетін жылыстау қасиеттерімен сипатталады. «Дегелең» алаңы топырақтарында аса жоғары

дәрежеде жылыстауға қабілеттісі ^{90}Sr радионуклиді, орташа алғанда, аталған радионуклидтің құрамының жартысынан көбі ауыспалы формада тұр. Жайылымдық топырақтардағы аз қозғалмалығы ^{241}Am және ^{137}Cs радионуклидтері. ССП аумағы «аялық» телімдерінің топырақтарындағы радионуклидтердің реті олардың «Тәжірибе даласы» мен «Дегелең» алаңдарының топырақтарындағы ретінің арасында аралық қалыпта тұр. Бұған жатпайтыны ^{90}Sr радионуклиді, ол «солтүстік» аумақтардың топырақтарында аса жоғары қозғалмалы болып сипатталатын, орташа алғанда, барлық формалардың жиынтық құрамынан 77 % жеңіл қол жетімді формалардың үлесіне келеді.

$^{239+240}\text{Pu}$ радионуклидінің көзге түсетін ерекшелігін топырақтағы аса тұрақты радионуклид ретінде көрсетуге болады. Аталған радионуклидтердің өсімдіктер үшін қол жетпейтін формаларының құрамы ылғалдылықтың жоғары режимі бар жайылымдық топырақтарда да, сол сияқты «аялық» телімдер мен «Тәжірибе даласы» алаңы дала экожүйелерінің топырақтарында 93 % кем емес құрайды. ССП зерттелген телімдер топырақтарындағы ^{137}Cs радионуклиді тығыз байланысқан формада көп кездеседі. ^{90}Sr радионуклидінің, керісінше, аса жоғары жылыстау қасиеттері бар, оған «Тәжірибе даласы» алаңының топырақтары жатпайды. ^{241}Am радионуклиді аз қозғалмалы, негізінен, топырақтардағы басым формалары – радионуклидтің өсімдіктер үшін қол жетпейтін болып табылатыны, алайда «Тәжірибе даласы» алаңының топырақтарынан басқа, олар үшін ықтимал қол жетімді қор болып табылатын қозғалмалы формалар.

ҚОРЫТЫНДЫ

Жүргізілген зерттеулер ССП аумағының сынақтар типіне, топырақтық және климаттық жағдайларға, радионуклидтердің физика-химиялық қасиеттеріне байланысты түрлі телімдердің топырақтарындағы радионуклидтердің анықтау формаларының арақатынастарындағы айырмашылықтарды көрсетеді.

Радионуклидтердің «Тәжірибе даласы» алаңының топырақтарындағы бекітілген аса аз жылыстау қасиеті, бірінші кезекте, аталған алаңда жүргізілген жарылыстар сипатының әсеріне байланысты.

Керісінше, радионуклидтердің аса жоғары жылыстау қасиеті Дегелең таулы массиві штольняларының порталалды алаңдары топырақтарында байқалады.

Радионуклидтер құрамының аялық деңгейі бар телімдердің топырақтары аса сезімтал әдістемелерді пайдалана отырып қосымша зерттеулерді талап етеді.

Барлық зерттеліп жатқан телімдердің топырақтарындағы аса ұқсас реттері мен аса аз биологиялық қол жетімділікпен ерекшеленетіні – $^{239/240}\text{Pu}$ радионуклидтері. Аталған радионуклидтердің өсімдіктер үшін қол жетпейтін формаларының құрамы ылғалдылықтың жоғары режимі бар жайылымдық топырақтарда, радионуклидтердің «аялық» құрамы бар аумақтардың және жерүсті және ауада сынақтар жүргізілген орындардың топырақтарында кем дегенде 93 % құрайды.

^{241}Am трансурандық радионуклидінің салыстырмалы жоғары қозғалмалығы анықталды, оған «Тәжірибе даласы» алаңының топырақтары кірді, мұнда аталған радионуклид ас қозғалмалықпен сипатталады, радионуклидтің қозғалмалы формасының құрамы кем дегенде 18 % құрайды.

^{90}Sr радионуклиді, «Тәжірибе даласы» алаңының топырақтарын қоса алмағанда, топырақтардағы көрінетін жылыстау қасиеттімен сипатталады.

Қазіргі уақытта ССП негізгі алаңдарының – «Дегелең», «Тәжірибе даласы», аялық «солтүстік» және «батыс» аумақтардың топырақтарында радионуклидтерді анықтау формаларын зерттеу нәтижелері алынды. Келешекте жоспарланған ССП басқа алаңдарының (әскери радиоактивті заттектердің, экскавациялық жарылыстардың, ұңғымалардағы жерасты жарылыстарының жүргізілген орындары және т.б.) зерттеулері ССП аумағының топырақтарындағы радионуклидтердің қозғалу реті туралы біздің түсінігімізді толықтыруға мүмкіндік береді.

Мақала авторлары Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының қызметкерлері А.В.Паницкийге, Н.В.Ларионоваға, С.А.Келлерге дала жұмыстарын ұйымдастырғаны және жүргізгені үшін, О.И.Чередовқа, М.В.Сидороваға, П.В.Говенкоға спектрометриялық талдау жүргізгені үшін, С.Е.Сәлменбаевқа, Г.Ы.Досмамбетоваға, Н.А.Михайловаға, А.Е.Жиенбековаға, Д.Е.Иминоваға, Г.Д.Кубеноваға, Ж.Е.Жапашеваға радиохимиялық талдауларды жүргізгендері үшін алғыстарын білдіреді. Авторлар Г.А.Бакироваға және Т.Н.Байсеркеноваға зерттеулерді жүргізуде теңдессіз үлестері үшін ерекше алғыстарын білдіреді.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. Михайловская Л.Н. Ядролық отындық цикл кәсіпорындарының әсер етуші аймақтар топырақтарындағы радионуклидтердің физика-химиялық жағдайы. / Л.Н. Михайловская, И.В. Молчанова, Е.Н. Караваева // Агрохимия. – 2004. №7– шығарылым. – Б. 67-71.
2. Kabdyrakova A.M. / Radionuclides species in soils of the watercourse ecosystem at Degelen mountain of former Semipalatinsk test site// A.M. Kabdyrakova, A.E. Kunduzbaeva, S.N. Lukashenko // Book of abstracts "Environmental radioactivity", Rome 25th – 27th October, 2010y. – Rome – 2010 y.
3. Артемьев О.И. Бұрынғы Семей сынақ ядролық полигоны аумағының радионуклидті ластануы / О.И. Артемьев, М.А. Ахметов, Л.Д. Птицкая // ҚР ҰЯО Жаршысы. – 2001. № 3– шығ..– Б.12–18.
4. Шаралар шеңберінде орындалған ССП аумағының «батыс» бөлігін кешенді радиоэкологиялық зерттеу материалдары / ҚР ҰЯО РҚЭИ; жауапты орынд. Лукашенко С.Н. – Курчатов, 2011. – 197 б.
5. Қабдырақова А.М. «Дегелең» алаңындағы ағын сулары бар штольнялар экожүйесінің жайылымдық топырақтарындағы техногенді радионуклидтерді анықтау формалары. / А.М. Қабдырақова [және т.б.] // «Ядролық және радиациялық физика» 7-ші халықаралық конференция материалдары 8-11 қыркүйек 2009 ж. – Алматы – 2009 ж. – Б. 203.
6. ССП әр түрлі телімдерінде радионуклидтердің құрамы, анықтау формалары мен таралу ерекшеліктері / К.К. Кадыржанов [және т.б.]// ҚР ҰЯО Жаршысы. – 2000. 3– шығ. Б. – 15-21.

7. Қабдырақова А.М. Дегелең таулы массиві ағын суларының экожүйелері топырақтарындағы радионуклидтерді табу формалары / А.М. Қабдырақова, А.Е. Құндызбаева., С.Н.Лукашенко // Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының 2007-2009 жж. еңбектер жинағы / Лукашенко С.Н. басш. 2-шығарылым. - Павлодар : Баспа үйі, 2010. –527 б.
8. Қабдырақова А.М. Дегелең таулы массиві ағын суларының экожүйелері топырақтарындағы радионуклидтерді анықтау формалары/ А.М. Қабдырақова, А.Е. Құндызбаева., С.Н.Лукашенко // «Семей сынақ полингоны. Радиациялық мұра және даму келешегі» IV-Халықаралық ғылыми-іс-тәжірибелік конференцияның баяндамалар тезистері 25-27 тамыз, 2010 ж. – Курчатова – 2010 ж.– Б. 67-69.
9. Қабдырақова А.М. «Дегелең» алаңы № 176 штольня жайылымдық топырақтарындағы радионуклидтерді анықтау формалары / А.М. Қабдырақова [және т.б.] // ҚР ҰЯО Жаршысы. № 2– шығарылым. Б. –136-142.
10. Қабдырақова А.М. «Дегелең» алаңы жайылымдық топырақтарындағы техногенді радионуклидтерді анықтау формалары. / А.М. Қабдырақова, С.Н. Лукашенко, Н.В. Ларионова // «Семей сынақ полингоны. Радиациялық мұра және таратпау мәселелері» III-Халықаралық конференция материалдары 6-8 қазан 2008 ж. – Курчатова – 2008 ж.– Б.39-39.
11. Қазақстан радиоэкологиясының өзекті мәселелері [Семей сынақ полингоны аумағының «солтүстік» бөлігінің радиоэкологиялық ахуалы] / Лукашенко С.Н. басш. 1- шығарылым. - Павлодар : Баспа үйі, 2010. – 234 б.
12. Санжарова Н.И. Чернобыль АЭС апаттан соң ауылшаруашылық дақылдардағы ^{137}Cs топырақтардағы анықтау формалары және жинақталу динамикасы. / Н.И. Санжарова [және т.б.] // Топырақтану – 1997. № 2 – шығарылым.– Б.159-164.
13. Коноплев А.В. ЧАЭС апат нәтижесінде топырақтан жербеткі ағынмен түскен ұзақ өмір сүретін радионуклидтердің шайылуының динамикасы / А.В.Коноплев [және т.б.] // Метеорология және гидрогеология – 1990. №12– шығарылым.– Б.63-74.
14. Павлоцкая Ф.И. Топырақтағы жаһандық түсулер радиоактивті өнімдерінің жылыстауы. / Ф.И. Павлоцкая. – М. :Атомбаспасы, 1974. – 215 б.
15. Котова А.Ю., Санжарова Н.И. Әр түрлі топырақтағы кейбір радионуклидтердің реті. / А.Ю. Котова, Н.И. Санжарова // Топырақтану – 2002. № 1– шығарылым.– Б.108-120.
16. Бобовникова Ц.И. Ұзақ өмір сүретін радионуклидтердің химиялық анықтау формалары және ЧАЭС апат аймағы топырақтарында трансформациясы. / Ц.И. Бобовникова [және т.б.] // Топырақтану – 1990.–№ 10 шығарылым.– Б.20-26.
17. Орлов Д.С. Қарашіріктің биохимиясы жөніндегі практикум / Д.С. Орлов, Л.А. Гришина, Н.Л. Ерошинева. - М.: Мәскеу Университетінің баспасы, 1969. – 160 б.
18. Мартюшов В.В. Шығыс-Орал радиоактивті із топырақтарындағы радионуклидтердің ахуалы. / В.В. Мартюшов [және т.б.] // Экология – 1995. –№2 шығарылым.– Б.110-113.

19. МИ 5.06.001.98 ҚР«Көлемді үлгілердегі радионуклидтер белсенділігі.МИ 2143-91 гамма-спектрометрінде өлшеулер жүргізу әдістемесі». – 18 б.
20. «Прогресс» бағдарламалық қамтамасыздандыруы бар сцинтилляционды бета-спектрометрді пайдалана отырып радионуклидтер белсенділігін өлшеулер әдістемесі, Менделеево. – 20 б.
21. Қоршаған орта нысандарында плутоний-(239+240), стронций-90, америций-241 изотоптарын анықтау әдістемесі: МИ 06-7-98. – Алматы, 1998.
22. Ластанған аумақтағы радиациялық ахуалды бағалау жөніндегі нұсқаулық және әдістемелік нұсқаулар. КСРО Мемкомгидрометі. – М., 1989.
23. Плутоний-238, плутоний-239+плутоний-240 радионуклидтерінің белсенділігін қоршаған орта нысандары сынамаларынан дайындалған есептік үлгілерде өлшеуді орындау әдістемесі. ФМУК ҒӨБ В.Г. Хлопин ат. Радий Институтында әзірленген.
24. Қазақ КСР топырақтары. Павлодар облысы. –3 Шығарылым. – Алматы: Ғылым, 1960. – 265 б.
25. Қазақ КСР топырақтары. Қарағанды облысы. –8 Шығарылым. – Алматы: Ғылым, 1967. – 330б.
26. Қазақ КСР топырақтары. Семей облысы. –10Шығарылым. – Алматы: Ғылым, 1968. – 474б.
27. МемСТ 12536-79. Топырақтар. Гранулометриялық (дақылдық) құрамы мен имикроагрегаттық құрамын зертханалық анықтау әдістері. –МемСТ 12536-67орнына; 1980-07-01 енгізілген. - М.: Стандарттар баспасы, 1979. -13 б.
28. МемСТ17.5.4.01-84. Су сіңіргіш және аршығыш жыныстар су сығындысының рН анықтау әдістері. –Кіріспе 1985-07-01. - М.: Стандарттар баспасы, 1985. – 3 б.
29. МемСТ 23213-91. Топырақтар. Органикалық заттектерді анықтау әдістері. –МемСТ 26213-84 орнына; 1991-12-29 енгізілген. - М.: Стандарттар баспасы, 1992. – 6 б.
30. МемСТ 26423-85. – МемСТ 26428-85. Топырақтар. Су сығындысының катионды-аниондық құрамын анықтау әдістері. – Кіріспе. 1985-02-18. - М.: Стандарттар баспасы, 1985. – 10 б.
31. Республики Қазақстан Республикасы топырақтар мен өсімдіктерді зертханалық зерттеу жөніндегі әдістемелік нұсқаулардың жинағы/ З.Д.Дүйсенбекованың басш.; Жер қорлары мен жерге орналастырудың мемлекеттік ғылыми-өндірістік орталығы. - Алматы, 1998. – 226 б.
32. Паницкий А.В. Дегелең таулы массиві штольнялары ағын суларының экожүйелері табиғи орта құрауыштарының радиоактивті ластануының өзіндік ерекшеліктері / А.В. Паницкий [және т.б.] // Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының 2007-2009 жж. еңбектер жинағы/ Лукашенко С.Н. басш. 2- шығарылым. - Павлодар : Баспа үйі, 2010. –527 б.
33. Тихомиров Ф.А. Атмосфера-топырақ-өсімдік жүйесіндегі йод, цезий және көміртек ұзақ өмір сүретін радионуклидтері. / Ф.А. Тихомиров, И.Т. Моисеев // Агрохимия – 1987. –№ 2-шығарылым. –Б. 79-85.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ФОРМ НАХОЖДЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ В ПОЧВАХ НЕКОТОРЫХ УЧАСТКОВ ТЕРРИТОРИИ СИП

Кундузбаева А.Е., Қабдыракова А.М., Лукашенко С.Н., Магашева Р.Ю.

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

В настоящей работе представлены результаты исследований форм нахождения техногенных радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr , ^{241}Am и $^{239+240}\text{Pu}$ в почвах различных участков территории бывшего Семипалатинского испытательного полигона, характеризующихся различными уровнями и характером радиоактивного загрязнения, типом почв, рельефом и климатическими условиями. Сравнительный анализ полученных данных позволил выявить особенности поведения радионуклидов в почвах различных участков территории СИП. Для площадки «Опытное поле» характерным является низкая миграционная способность всех изученных радионуклидов ^{137}Cs , ^{241}Am , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{90}Sr . Основное их содержание находится в недоступных растениям форме. Для площадки «Дегелен» характерна несколько иная картина. В луговых почвах с более высоким уровнем увлажнения, характерными рельефными и почвенными условиями радионуклиды характеризуются наиболее выраженными миграционными свойствами. В наибольшей степени миграционноспособным в почвах площадки «Дегелен» является радионуклид ^{90}Sr , в среднем, более половины содержания данного радионуклида находится в обменной форме. Менее подвижны в луговых почвах радионуклиды ^{241}Am и ^{137}Cs . Поведение радионуклидов в почвах «фоновых» участков территории СИП занимает промежуточное положение между поведением их в почвах площадок «Опытное поле» и «Дегелен». Исключением является радионуклид ^{90}Sr , характеризующийся в почвах «северных» территорий наибольшей подвижностью, в среднем, 77 % от суммарного содержания всех форм приходится на долю легкодоступных форм.

Ключевые слова: радиоактивное загрязнение, СИП, формы нахождения радионуклидов, последовательное экстрагирование, площадка «Опытное поле», площадка «Дегелен», «северные» и «западные» территории.

COMPARATIVE ASSESSMENT OF RADIONUCLIDES SPECIATION IN SOILS OF SOME AREAS AT STS

**A. E. Kunduzbaeva, A. M. Kabdyrakova, S. N. Lukashenko,
R. Yu. Magasheva**

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

This paper presents the results of studies of the speciation of artificial radionuclides ^{137}Cs and ^{90}Sr , ^{241}Am and $^{239+240}\text{Pu}$ in soils of different parts of the former Semipalatinsk test site being characterized by various levels and nature of contamination, soil type, topography and climatic conditions. Comparative analysis of the data revealed the behavior of radionuclides in soils of different parts of the STS territory. The "Experimental field" site (Opytnoye pole site) is characterized by a low migration capacity of all the studied radionuclides ^{137}Cs , ^{241}Am , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{90}Sr . Their main content is inaccessible form for plants. The "Degelen" site is characterized by somewhat different picture. In meadow soils with higher moisture, characteristic relief and soil conditions, radionuclides are characterized by the distinct migratory properties. A radionuclide ^{90}Sr has strong migratory abilities in soils of Degelen site, on average, more than half of the radionuclide content is in exchangeable form. Radionuclides ^{241}Am

and ^{137}Cs are less mobile in the meadow soils. The behavior of radionuclides in the soils of "background" sections of the STS territory is intermediate between the behavior of soils at "Experimental field" site and "Degelen" site. An exception is the radionuclide ^{90}Sr , characterized by greatest mobility in soils of the "northern" territories, on average, 77% of the total content of all species is accounted for easily accessible species.

Keywords: radioactivecontamination, STS, radionuclides speciation, sequential extraction, Experimental field site, Degelen site, "northern" and "western" territories.

УДК 546.11.02.3:504.3.054:577.4

ТРИТИЙ ЯДРОЛЫҚ СЫНАҚТАР ӨТКІЗІЛГЕН ЖЕРЛЕРДІҢ ИНДИКАТОРЫ ІСПЕТТЕС

**¹Ляхова О.Н., ¹Лукашенко С.Н., ¹Ларионова Н.В., ¹Субботин С.Б.,
²Мульгин С.И., ²Жданов С.В.**

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

² ҚР ҰЯО Ядролық физика институты, Алматы, Қазақстан

Қазіргі уақытта, Ядролық қаруды таратпау жөніндегі келісім-шартқа қол қойылғалы бері, ядролық жарылыстар өткізілген жерлерді шынайы верификациялау жайлы мәселе өзекті болып тұр.

Бұл жұмыста тритийді индикатор ретінде пайдалануды қолдана отырып жерасты ядролық жарылыстары өткізілген жерлерді верификациялаудың жаңа әдісін қарастыру ұсынылады. Ауа ортасындағы тритийдің құрамын толық зерттеу жерасты ядролық сынақтар өткізілген жерлерде - бұрынғы Семей сынақ полигоны (ССП) аумағында орналасқан «Дегелең» алаңы мен «Балапан» сынақ алаңдарында жүргізілді.

Жұмыс барысында ұңғымалардың сағалары орналасқан жерлерде және штольняның порталында, сонымен қатар жерасты ядролық жарылыстар (ЖЯЖ) өткізілген жерлердің сағалық телімдерінде, жарылыстардың эпицентры орналасқан аймақтарда – ұңғымалар мен штольнялар орналасқан жеріндегі ауа ортасында тритийдің таралу сипаты мен құрамының деңгейі бойынша деректер келтірілген. ЖЯЖ өткізілгендігін нақтылайтын деректі және орнын анықтау мақсатында тритийді пайдалану мүмкіндігі көрсетілді.

Түйін сөздер: ядролық жарылыстар, верификация, «Дегелең» алаңы, «Балапан» алаңы, тритий, атмосфералық ауа, топырақ ауасы, тритиймен ластану, тритийдің таралу сипаты.

КІРІСПЕ

1970 жылы 5 наурызда ядролық қаруды таратуды шектеу мақсаты бар келісім болып табылатын *Ядролық қаруды таратпау жөніндегі Келісім-шарт* күшіне енген болатын. Келісімді сақтауды бақылау жүйесі ядролық жарылысты жүргізу белгілерін анықтау мақсатындағы дүниежүзілік мониторингті жүзеге асыру болып табылады. Осы мақсатқа қол жеткізу үшін халықаралық мониторингтік – сейсмикалық, гидро-акустикалық, ультрадыбыстық және радионуклидтік станциялар желісі бар. Келісімге қол қойған мемлекеттер инспекцияны орнында жүргізуді талап етуіне болады, бұл инспекцияның мақсаты Келісімді бұзуда ядролық жарылыстың шын мәнінде жүргізілгендігін анықтау болып табылады. Бұл жұмыста тритийді индикатор ретінде қолдана отырып, жерасты ядролық жарылыс орындарын верификациялау үшін жаңа әдісті қарастыру ұсынылады.

ССП аумағының радионуклидті ластануының көп жылғы зерттеулер нәтижесінде қоршаған ортаның көптеген нысандарында – өсімдіктерде, жербеткі және топырақасты суларда, атмосфералық және топырақ ауасында, мал шаруашылығы өнімдерінде тритийдің бар екендігі анықталды [1, 2]. Тритийдің жартылай ыдырауының кезеңі жеткілікті үлкен, 12,4 жылға тең екендігін атап өту маңызды.

Барлық жоғарыда айтылғандарды, сондай-ақ тритийдің табылу орындарының ядролық жарылыстарды жүргізу орындарына орайластырылу дерегін ескере отырып, тритийдің ауа ортасындағы құрамын зерттеу арқылы тритийдің жерасты ядролық жарылыстарды (ЖЯЖ) жүргізу орындарының индикаторы ретінде қолдану мүмкіндігіне бағалау жүргізу қабылданды.

Жан-жақты зерттеулер ядролық сынақтарды жүзеге асыру нәтижесінде тритиймен ластанудың жергілікті телімдері қалыптасқан екі сынақ алаңдарында жүргізілді. Бұған «Балапан» алаңы және «Дегелең» алаңы жатады, олардың аумағында 300-ден аса жерасты ядролық жарылыстары жүргізілген.

Таңдап алынған алаңдар аумағында тритийдің таралу сипаты мен деңгейін зерттеу дала және зертханалық жұмыстарды жүргізу арқылы жүзеге асырылады, бұл жұмыстарға іріктеп алынған сынамаларды сұйықсцинтилляционды спектрометрия әдісімен зерттеу және криогенді мұздату әдісімен атмосфера және топырақ ауалары су буларының сынамаларын іріктеп алу кіреді [3, 4]. Сынамаларды іріктеп алу мен өлшеулерді жүргізудің пайдаланылатын әдістері бірнеше рет бұрында қолданылған және әдеби көзде жан-жақты суреттелген [5].

1 ЯДРОЛЫҚ ЖАРЫЛЫСТАРДЫ ЖҮРГІЗУ НӘТИЖЕСІНДЕ ТРИТИЙДІ ДАЙЫНДАУ ЖОЛДАРЫ ЖӘНЕ ОНЫҢ ЖАРЫЛЫСТАР ҚУЫСЫНДА ТАРАЛУ СИПАТЫ

Жерасты ядролық жарылыстан пайда болған қуыстан тритий (Т) шығуының ұзақ мерзімді болжамы үшін базалық мөлшер болып табылатыны – ядролық реакциялардағы қалдық және дайындалған тритийдің бастапқы саны – $N_T(t=0)$. $N_T(t=0)$ мөлшері жарылыс типіне (бір, екі және үш фазалы), оның қуатына, қондырғының құрылыстық ерекшелігі және жарылыс жүргізілген орындағы жыныстың химиялық құрамына байланысты. Жыныстың біртүпті зарядтары мен бірдей химиялық құрамы үшін тритий дайындамасы шамамен жарылыс қуатына тікелей пропорционал болады. Сондықтан тритий дайындамасының сандық есебін жүргізу кезінде әдетте қуаты тритилдық эквивалентпен 1 килотонна (кТ) жарылыстағы дайындама мөлшері қолданылады.

1.1 Бөлінудің ядролық жарылыстарын жүргізу кезінде тритийді дайындау жолдары

^{235}U немесе ^{239}Pu ядроларының бөліну қалдықтарының нейтрондарымен бөлінуінің тізбекті ядролық реакциясы кез келген ядролық жарылыстың бастапқы жалпы кезеңі болып табылады. Сонымен, бірінші кезекте дайындаманы бөлінудің «таза» жарылысында қарастырамыз. Мұндай жарылыста тритий келесі процестер нәтижесінде дайындалады:

1. Бөлінетін ядроның 3 фрагментке ыдырауы кезінде (үшқабатты бөліну) олардың ішіндегі біреуі (ең жеңіл) тритий болып табылады.
2. Бөліну қалдықтарының артық нейтрондарының қоршаған ортаның жеңіл элементтерімен, яғни $^6\text{Li}(n,T)$ типті ядролық реакциялардың ядроларымен өзара байланысуының нәтижесінде тритийдің пайда болуы.

3. Бөліну қалдықтарының жоғары энергетикалық γ -кванттардың қоршаған ортаның жеңіл элементтерімен, яғни ${}^7\text{Li}(\gamma, T)$ типті фотоядролық реакциялардың ядроларымен өзара байланысуының нәтижесінде тритийдің дайындалуы.

1 кТ ядролық зарядтың жарылысы ${}^{235}\text{U}$ үшін $N_f \approx 1.42 \cdot 10^{23}$ немесе ${}^{239}\text{Pu}$ үшін $N_f \approx 1.38 \cdot 10^{23}$ құрайтын N_f бөлу актілерінің санымен қамтамасыз етіледі [6]. Бұл мәндер жақын болғандықтан, ары қарайғы бағалау үшін 1 кТ жарылыс үшін бөлу актілерінің $1,4 \cdot 10^{23}$ сәйкес келетінін қабылдаймыз.

Тритийдің ұшқабатты бөліну процесінде пайда болуы. Ұшқабаттық бөліну процесінде тритийдің атомдары бөлетін ядроның аузынан ұшып шығады. Мұндай бөлу актілерінің мүмкіндігі өте аз және 1 бөлу актісіне ${}^3\text{H}$ 1/6000 ядроларды құрайды [6]. Сонымен, қуаты 1 кТ жарылыс үшін қолымызда бары:

$$N_T = N_f \cdot (1/6000) \approx 2,3 \cdot 10^{19} - \text{тритий ядроларының саны}$$

немесе

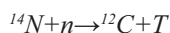
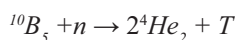
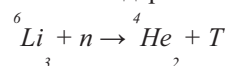
$$A_T = N_T \cdot [\ln 2 / T_{1/2} (\text{с})] = 2,3 \cdot 10^{19} \cdot 1,7813 \cdot 10^{-9} = 4,1 \cdot 10^{10} \text{ Бк} - \text{тритий бойынша белсенділік.}$$

Нейтрондық белсендік нәтижесінде тритийдің пайда болуы. Жерасты жарылыстарын жүргізу процесіндегі бөліну қалдықтарының нейтрондарымен тритийдің дайындалуын бағалау үшін тау жыныстарымен сіңірілген нейтрондардың толық санын және тритийдің пайда болуымен бірге нейтрондардың салыстырмалы болжамды сіңірілуін білу қажет.

${}^{235}\text{U}$ немесе ${}^{239}\text{Pu}$ ядроларының бөлінуі кезіндегі жарылыстар процесінде $E_n \approx 2$ МэВ орташа энергиясы бар $\sim 2,6$ нейтрон пайда болады [6]. Олардың ішінде 1 нейтрон басқа ядроның бөлінуін ұйымдастыруға шығындалады, ядролық қондырғының конструкциялық материалдарында шамамен 0,6 нейтрон сіңіріледі және ~ 1 нейтрон «еркін» болып қалады. Сонымен, 1 кТ жарылыс кезінде қоршаған ортаға $\sim 1,4 \cdot 10^{23}$ нейтрон кетеді.

Қоршаған орта заттегі арқылы осы нейтрондардың өтуі кезінде кинетикалық энергияның жоғалуы бар нейтрондардың тығыз және тығыз емес ыдырауы, яғни баяулату процесі жүзеге асады. Мұнымен бір уақытта нейтрондар энергиясының (E_n) азаюымен бірге болжамы жылдам өсетін нейтрондардың сіңірілуі бар ядролық реакциялар да жүреді. Бұл процестер нәтижесінде нейтрондардың тепе-теңдік энергетикалық спектры жылдам қалыптасады, олар соңғы қорытындысында жаңа тұрақты және радиоактивті изотоптарын жасай отырып, ортаның ядроларымен толық сіңіріледі. Бұл нейтрондардың бір бөлігі тау жынысының құрамында бар жеңіл элементтермен өзара байланыса отырып, тритий жасауы мүмкін. Тритий $A < 20$ массалық саны бар барлық ядроларда аз мөлшерде жасалуы мүмкін, алайда тритийдің жасалуына елеулі үлесті тек бірнеше реакциялар ғана қоса алады. Оларды толықтай қарастырайық.

Тритийдің жасалуының негізгі каналдары мына реакциялар болып табылады:



${}^6\text{Li}$ үшін жылу нейтрондарындағы реакциялардың қиылысуы табиғи литий үшін шамамен 940 барн немесе 70,7 барн құрайды [7], ${}^{10}\text{B}$ – шамамен $5 \cdot 10^{-3}$ барн [8]. Реакция ${}^{14}\text{N}(n,T)$ бастапқы ($Q_T \approx 4$ МэВ) және $E_n = 5-7$ МэВ кезінде оның қиылысуы $\sim 2 \cdot 10^{-2}$ барн [8]. Бұдан көретініміз, ${}^6\text{Li}(n,T)$ реакциясы (салыстыратын шоғырлану кезінде) тритийдің жасалуының негізгі каналы болып табылады.

Т жасалуын бағалау үшін бұл реакцияда 1 кТ жарылыс үшін жуықтатылған арақатынасты қолдануға болады:

$$N_T = N_F \cdot \eta_{Li} \cdot \sigma_{oi} / \sum_i \eta_i \cdot \sigma_{oi},$$

Мұндағы:

η_i - % -дағы атомдық шоғырлану

σ_{oi} – жыныстағы i – кі химиялық элементтің жылу нейтрондарының сіңірілуінің қиылысуы.

Граниттің типтік құрамын ($\text{SiO}_2 = 70,18$; $\text{TiO}_2 = 0,34$; $\text{Al}_2\text{O}_3 = 14,98$; $\text{MgO} = 1,08$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 1,62$; $\text{FeO} = 1,66$; $\text{CaO} = 2,20$; $\text{Na}_2\text{O} = 3,28$; $\text{K}_2\text{O} = 3,95$; $\text{H}_2\text{O} = 0,78$; $\text{P}_2\text{O}_5 = 0,27$) жұмыстан алуға [9], ал σ_{oi} қиылысуын жұмыстан алуға болады [7]. Бұл деректерден шығатыны (литийдің салыстырмалы аз шоғырлануы $\eta_{Li} < 0.1\%$ кезінде) тритийдің жасалуы $N_T = N_F \cdot 5.15 \cdot \eta_{Li}\%$ тең болады.

Дегелең таулы массивінің граниттік жыныстарындағы Li құрамы, микроэлементтік құрамға жүргізілген талдауға сәйкес, шамамен 20 г/т немесе $\eta_{Li}\% \approx 0,006$ атомдық пайыздарды құрайды. Тритийдің бұл реакция бойынша пайда болған максималды болжамды саны бөлінудің бір актісіне шамамен 1/30 тритий ядросын құрайды. Сонымен, пайда болған тритийдің саны мен Li нейтрондарымен белсенділігі кезіндегі тритийдің белсенділігі шамамен төмендегіні құрайды:

$$N_T = 4,3 \cdot 10^{21} - \text{ядролар саны}$$

немесе

$$A_T \approx 7,6 \cdot 10^{12} \text{ Бк} - 1 \text{ кТ жарылысқа тритийдің белсенділігі}$$

Тритийдің жоғары энергетикалық γ -кванттармен жасалуы. Ядролық жарылыстың бөліну процесіндегі тритийдің пайда болуының болжамды механизмдерінің үшіншісі тритийдің жеңіл элементтер ядроларындағы жоғары энергетикалық γ -кванттармен жасалуы болып табылады. Аталған реакцияның жоғары энергетикалық басталуы бар, ол орташа алғанда шамамен $E_\gamma > 10$ МэВ құрайды. Аталған аспектіде аса пайдалы болып табылатын ${}^7\text{Li}(\gamma, T)$ типті реакция үшін тритийдің пайда болуы көзқарасынан алып қарағанда, $E_\gamma > 6$ МэВ энергетикалық басталуы кезінде қиылысуы $\sim 10^{-4}$ барнды құрайды [8].

Бөліну спектрында γ – кванттар үлесі $E_\gamma > 6$ МэВ тек $\sim 10^{-2}$ γ – бөліну актісіне кванттарды құрайды [6] және жыныстағы литий құрамы ~ 20 г/т артық емес құрайтын болғандықтан, осы сияқты реакцияларда тритийді жасау бөліну актісіне 1/1 000 000 кем емес құрайды, жоғарыда суреттелген екі жағдайға қарағанда көп аз:

$$N_T = 1,4 \cdot 10^{17} - \text{тритий ядроларының саны}$$

немесе

$$A_T \approx 2,5 \cdot 10^8 \text{ Бк} - 1 \text{ кТ жарылысқа тритийдің белсенділігі.}$$

1-кестеде бөлінудің ядролық жарылыстарын жүргізу кезінде тритийдің пайда болуының әр қарастырылған типі бойынша ақпарат ұсынылған.

Тритийдің бөліну процесінде пайда болуының реакциялары

№ р/р	Тритийдің пайда болуының реакция түрлері	Реакцияның өту мүмкіндігі	Ядролар саны	Тритийдің белсенділігі, Бк/кТ
1	Үшқабаттық бөліну	1/6000	$2,3 \cdot 10^{19}$	$4,1 \cdot 10^{10}$
2	Нейтрондық белсендік (Li)	1/30	$4,3 \cdot 10^{21}$	$7,6 \cdot 10^{12}$
3	Жоғары энергетикалық γ -кванттар	1/1000000	$1,4 \cdot 10^{17}$	$2,5 \cdot 10^8$

1-кестеде жинақталған нәтижелер көрсеткендей, бөлінудің «таза» жерасты жарылысында тритийдің жасалуына негізгі үлесті ${}^6\text{Li}(n,T)$ реакциясы қосады, бұл реакция қуаты 1кТ жарылыс үшін тритий бойынша максималды белсенділікті береді.

1.2 Ядролық жарылыстарды жүргізу кезіндегі қалдық тритийді жоғары энергетикалық нейтрондардың қосымша көздерін пайдалана отырып бағалау

Жарылыс қуысындағы тритийдің бастапқы санын коррекциялық бағалау үшін тек жоғарыда көрсетілген процестер ғана емес, нейтрондардың қуатты жоғары энергетикалық көздері ретінде берілген конструкцияларды қолдана отырып жарылыстарды жүргізу кезінде пайда болатын қалдық тритийдің санын да ескеру қажет. Аталған көздер ядролық (*термоядролық емес*) зарядтардың көптеген типтерінің конструкциясындағы жарылыстың жоғары тиімділігін қамтамасыз ету үшін пайдаланылды, және $T+D \rightarrow \alpha + n$ термоядролық реакциясына негізделген. Төмендегілер сондай көздер болып табылады:

а) бөлінудің тізбекті реакциясының қарқынды, синхронды іске қосылуын қамтамасыз ететін нейтрондық түтікше (тритий иондарының кішігабаритті, импульстық үдеткіші және дейтериялық нысана);

б) бустер (ядролық зарядтың ортасындағы дейтерий мен тритийдің қоспасы бар контейнер), бұл кезде жарылыстың дамуы кезіндегі термоядролық реакция басталады және нейтрондардың қосымша ағыны құрылады, бұл ${}^{235}\text{U}$ немесе ${}^{239}\text{Pu}$ көбірек жануын қамтамасыз етеді және жарылыстың қуатын ұлғайтады [10].

Қалдық тритийдің санын есептеу. Бұл құрылғылардағы дейтерий мен тритийдің жану кезіндегі саны қосымша нейтрондардың санын, яғни бөліну реакциясындағы нейтрондар санымен салыстырғандағы қосымша нейтрондар санын қамтамасыз етуі қажет, яғни 1кТ жарылысқа $\sim 10^{23}$ нейтрон.

Бұл тіпті қоспаның (T+D) жануының өте жоғары тиімділігі кезінде де – шамамен 90% екендігін білдіреді, 1 кТ жарылыстан соң қуыста қалатыны:

$N_T = 1 \cdot 10^{22}$ - пайдаланылмаған тритий атомдары немесе

$A_T \approx 1.8 \cdot 10^{13}$ Бк - 1кТ жарылысқа тритийдің белсенділігі

Қалдық тритийдің белсенділігінің алынған мәні бөлінудің «таза» жарылысындағы тритийдің жасалуына қарағанда 3 есе көп.

Нейтрондық белсендік нәтижесінде тритийдің пайда болуы. Бөлінудің «таза» жарылысы кезіндегідей термоядролық реакциядағы 50% жуық нейтрон ${}^6\text{Li}(n,T)$

реакциясындағы тритийдің жасалуымен бірге қоршаған жыныстың белсенділігіне кетеді. Термоядролық нейтрондарда жасалған тритийдің санын бөліну нейтрондарына ұқсастық бойынша бағалауға болады, бұл төмендегіні береді:

$$N_T = 4 \cdot 10^{21} - \text{тритий атомдарын}$$

немесе

$$A_T \approx 7 \cdot 10^{12} \text{ Бк} - 1 \text{ кТ жарылысқа тритийдің белсенділігін}$$

Жоғары энергетикалық нейтрондардың қосымша көздерін қолдана отырып бөлінудің ядролық жарылыстарын жүргізу кезінде пайда болған тритийдің жалпы саны жарылыс процесінде жүргізілген термоядролық реакция салдарынан пайда болған тритий сомасы және нейтрондық белсендік нәтижесінде пайда болған тритий ретінде бағалануы мүмкін.

Нейтронды бомбаларды қолдану арқылы сынақтарды жүргізу нәтижесінде тритийдің пайда болуы. Тритийдің жасалуы жағынан алып қарағанда, нейтронды бомбалардың жерасты сынақтары ерекше қызығушылық тудырады. Бұл қондырғыларда нейтрондардың көп реттік ұлғаюы ядролық зарядқа қоспаның артық санының (T+D) қосылуы есебінен қол жетімді болады және бұл мыналарды беруі мүмкін:

$$N_T = 1 \cdot 10^{23} - \text{тритийдің атомдары}$$

немесе

$$A_T \approx 1 \cdot 10^{15} \text{ Бк} - 1 \text{ кТ жарылысқа тритийдің белсенділігі}$$

Тритийдің алынған белсенділік мөлшері екі фазалық термоядролық жарылыс кезіндегі тритийдің белсенділігімен салыстырылады.

2-Кесте.

Жоғары энергетикалық нейтрондардың қосымша көздерін қолдана отырып жасалған жарылыс процесінде тритийдің пайда болуы

№ р/р	Тритийдің пайда болу реакциясының түрі	Реакцияның жүру болжамы	Ядролар саны	Тритийдің белсенділігі, Бк/кТ
1	Қалдық тритий	-	$1 \cdot 10^{22}$	$1,8 \cdot 10^{13}$
2	Нейтрондық белсендік (Li)	-	$4 \cdot 10^{21}$	$7 \cdot 10^{12}$
3	Нейтронды бомбаларды пайдалану	-	$1 \cdot 10^{24}$	$1 \cdot 10^{15}$

Жоғарыда айтылғандардан шығатын қорытынды – тритийдің үлкен мөлшері пайда болуы үшін жарылыс процесінде тритий жарылысының (жалған термоядролық жарылыстың) тиімділігін күшейту үшін алдын ала ядролық қондырғыға енгізілген болуы, немесе тритий зарядта жағармайдың негізгі құрауышы сияқты қолданылғандай болуы қажет. Мұндай жағдайда әңгіме бөліну жарылысы туралы емес, термоядролық жарылыс туралы болады.

1.3 Жарылыс қуыстарындағы белсендікте тритийдің таралу сипаты

Жарылыстың соңғы кезеңінде нейтрондармен жасалған тритийдің белсенділігі ядролық қуыстың салыстырмалы түрдегі жіңішке жербеткі қабатында жинақталған. Қабаттың тереңдігі (h) бойынша тритийдің таралуын мынадай теңдеу бойынша бейнелеуге болады:

$$N_T(h) = N_T(h=0) \cdot \exp[-(\rho \cdot h)/\lambda],$$

мұндағы:

$N_T(h=0)$ – $h=0$ кезіндегі 1 см^2 -ге тритий атомдарының саны

ρ – жыныстың тығыздығы, г/см^3 ,

λ – жыныстағы нейтрондардың релаксация ұзындығы, г/см^2 .

Граниттер үшін жұмыста алынған $\rho = 2,6 (\text{г/см}^3)$ және $\lambda \approx 30 (\text{г/см}^2)$ мәндерін қолдануға болады [11]. Есептеулерден шығатыны, тікелей жарылыстан соң тритий белсенділігінің 95% қуыстың жербеткі қабатында 35 см-де жинақталған.

Ары қарай, балқудың тиімділігі мен қабырғаларының ағуын ескере отырып, бұл белсенділік ядролық қуыстың түбіндегі тұнбада жинақталады. Тритийдің ары қарайғы қозғалу реті жарылыс қуысындағы геохимиялық процестермен және тритийдің пайда болуынан соң оның табылу формаларымен анықталады.

Жарылыс қуысында тритийдің екі табылу формасы болған деген болжам айтуға болады. Тритийдің бір бөлігі булана отырып, қатып бара жатқан балқыманың кристалл торшасына енеді. Тритийдің газ формасында қалған екінші бөлігі, бәрінен бұрын, ұшып кеткен. Бұзылмаған кристалл құрылымдарда да жоғарыда суреттелген реакциялар бойынша Li белсенділігі нәтижесінде тритийдің пайда болуы жағдайында тритийдің болуы ықтимал.

Болжанғандай, штольняларда жасалған жарылыстар жағдайында газ тәріздіс тритий пайда болған соң жеткілікті қысқа уақыт ішінде құз сызаттары арқылы ұшып кетіп, кристалл құрылымында бар тритий қалды. Ұңғымаларда жасалған жарылыстар жағдайында біраз басқаша жағдай болды деп болжанады. Зарядтың орналасу тереңдігін ескере отырып, жарылыс қуысында тритий газ фазасында ұзағырақ қалуы мүмкін [12].

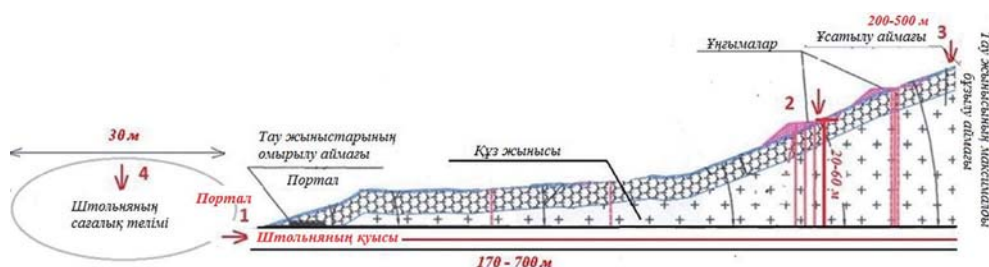
Штольня жылғаларындағы тритийдің шоғырлануы көп жылдар ағымында іс жүзінде тұрақты болып қалатынына қарағанда [13], штольняның қазан-шұңқырлық қуысы ішінде жарылыс жүргізілген уақытта балқытылған қабырғалардың кристалл құрылымынан тритийдің біртіндеп «шайылу» процесі жүреді деп, сондай-ақ тритийдің жерасты ядролық жарылыс қуысының ішкі бетінен атмосфераға эманация процесінің жүретіндігін болжауға болады.

2. «ДЕГЕЛЕҢ» АЛАҢЫ АУМАҒЫНДАҒЫ ЖЯЖ ЖҮРГІЗІЛГЕН ОРЫНДАРДЫҢ ҚОРШАҒАН ОРТАСЫНДАҒЫ ТРИТИЙ ДЕҢГЕЙІНІҢ ҚҰРАМЫ МЕН ТАРАЛУ СИПАТЫН ЗЕРТТЕУ

2.1 Нысандардың сипаттамалары және зерттеу жүргізудің әдіснамасы

Зерттеу нысандарының қысқаша сипаттамалары. «Дегелең» алаңында жерасты жарылыстар көлденең тау өнімдері – штольняларда жүргізілген болатын. Жалпы алғанда 9 кв. м-ден 25 кв. м-ге дейінгі көлденең қимасы бар және тереңдігі 150-ден 1500 м-ге дейін 181 штольня жасалған болатын. Ядролық заряд штольняның соңғы бөлігінде арнайы жабдықталған бокста орналастырылған болды. Бөліну өнімінің күндізгі бетке шы-

ғуын болдырмау үшін штольняда цемент тығын мен ұсақ тастың кезектесуі бар арнайы жабу кешені жасалды. Полигонның инфрақұрылымын жою кезінде барлық штольнялар штольняға еркін енуді болдырмау үшін тау жынысының жасанды бұзылуы арқылы жабылды. Суретте сынамаларды іріктеп алу жүргізілген орындардың көрсетілген сұлбасы бар штольня сұлбасы көлденең кесінді ретінде бейнеленген (1-сурет).



1-Сурет. Штольняның көлденең кесінді ретіндегі сұлбалық бейнесі

Жұмыстың жүргізілу процесінде 22 штольня орналасқан орындардағы қоршаған ортада тритийдің шоғырлану деңгейін зерттеу жүргізілді. Оларда жүргізілген жарылыстардың негізгі сипаттамалары кестеде келтірілген (3-кесте) [14].

3-Кесме.

Зерттеліп жатқан штольнялар тізімі және жүргізілген ядролық сынақтардың сипаттамасы

№ р/р	Штоль- ня №	Сынақ жүргізілген күн	Сынақтың мақсаты	қуаты, кТ	Жарылыс түрі ¹	Жүргізілген сынақтар саны
1	707	29.03.77	ЯҚ құру	25	ТКЖ	1
2	150	19.02.82	ЯҚ құру	24	ТКЖ	2
3	901	28.12.88	ЯҚ құру	0,2	ТЕЖ	2
4	603	30.04.74	Зақым келтіруші факторларды зерттеу	24	ТКЖ	3
5	103	20.11.81	ЯҚ құру	8	ТЕЖ	1
6	A7	20.08.68	ЯҚ құру	4,6	ТЕЖ	2
7	185	23.07.76	ЯҚ құру	7	ТКЖ	1
8	505	24.04.68	ЯҚ құру	6,2	ТКЖ	1
9	208	03.04.87	ЯҚ құру	1	ТКЖ	3
10	129	26.12.83	Іргелі зерттеулер	30	ТКЖ	1
11	107	29.06.78	ЯҚ құру	14	ТКЖ	2
12	132	09.09.84	Зақым келтіруші факторларды зерттеу	6	ТКЖ	4
13	136	29.10.77	ЯҚ құру; Іргелі зерттеулер	42	ТКЖ	2
14	501	30.10.67	ЯҚ құру	25	ТКЖ	1
15	169	23.11.88	Іргелі зерттеулер	19	ТКЖ	2
16	175	30.07.77	ЯҚ құру	11	ТКЖ	1

№ р/р	Штоль- ня №	Сынақ жүргізілген күн	Сынақтың мақсаты	қуаты, кТ	Жарылыс түрі ¹	Жүргізілген сынақтар саны
21	Ж-3	03.03.65	ЯҚ құру	27	ТЕЖ	1
22	110	07.06.72	ЯҚ құру	0,001-20	ТКЖ	1
ТКЖ – Толық камуфлетті жарылыс. Жерасты қуысы пайда болатын толық ішкі әрекеттің жерасты жарылысы. Бөлінудің газ тәріздес өнімдерінің атмосфераға шығуы байқалмайды. ТЕЖ – Толық емес камуфлетті жарылыс. Әдеттегідей, атмосфераға қысқа мерзімді өмір сүретін радионуклидтердің (РБГ) аз мөлшерінің шығарындысы бар толық ішкі әрекеттің жерасты жарылысы.						

«Дегелең» алаңында орналасқан кейбір штольнялардан су шығады. Штольнялардан шығатын барлық суларда тритийдің құрамы ондаған және жүздеген КБк/кг құрайды. Зерттеу жүргізу үшін тритийдің су ортасымен бірге атмосфераға түсуін болдырмау мақсатында сусыз штольнялар таңдап алынды.

Зерттеу жүргізу әдіснамасы. «Дегелең» алаңы аумағындағы ЖЯЖ жүргізу орындарындағы атмосфералық ауада тритийдің деңгейі мен таралу сипатына зерттеу жүргізу үшін жарылыстардың жүргізілу ерекшелігін ескере отырып, келесі кезеңдер анықталды:

- штольня қуысының ішінде ауа ортасындағы тритийдің деңгейі мен таралу сипатын зерттеу;
- штольнялардың сағалды телімдерінде ауа ортасындағы тритий құрамының деңгейін зерттеу;
- тік ұңғымалардың орналасу орнында атмосфера ауасындағы тритийдің құрамының деңгейін зерттеу;
- ЖЯЖ (ұсатылу аймағы) қуысының үстіндегі тау жынысының максималды бұзылу аймағындағы атмосфера ауасындағы тритий құрамының деңгейін зерттеу;

Штольня қуысының ішіндегі ауа ортасында тритийдің деңгейі мен таралу сипатын зерттеу. Штольнялар қуысының ішінде атмосфералық (штольнялық) ауа су буларының сынамалары порталдан ішке қарай соңғы боксқа жеткенге дейін іріктеп алу жасалды. Сынамаларды іріктеп алушы штольня қуысының ортасында, жер бетінің деңгейінен 50 см ара қашықтықта орнатылды. Сынамаларды іріктеп алу нүктелерінің арасындағы ара қашықтық жұмыстарды жүргізу жағдайына байланысты 10-нан 100 м дейін құрады. Штольнялар тереңдігі 170-тен 700 м дейін құрады (1-сурет, 1 нүкте).

Штольнялардың сағалды телімдерінде ауа ортасындағы тритий құрамының деңгейін зерттеу. Штольняның сағалды телімі дегеніміз портал алдындағы телім. Атмосфералық ауа су буларының сынамаларын іріктеп алу штольня порталынан 30 м-дей арақашықтықта, оның орталық өзегімен бір өзекте жүзеге асырылды (1-сурет, 4 нүкте).

Тік ұңғымалардың орналасу орнындағы тритий құрамының деңгейін зерттеу. Зерттеу жүргізу барысында бірқатар штольняларда тік ұңғымалар штольняның денесіне бұрғыланған, кейде соңғы боксқа дейін кіріп кеткен (1-сурет, 2 нүкте). Ұңғымалар тереңдігі құз жыныстарының ылдиының көлеміне байланысты және 20-дан 60 м дейін құрайды.

Атмосфера ауасы су буларының сынамалары әр ұңғыманың орналасу орнында екі рет – ұңғыманы бұрғылауға дейін (сынаманы іріктеп алушы бұрғылауға арналған

нүктеде орналастырылды), сосын бұрғылаудан соң (сынамаларды іріктеп алу ұңғымаға тікелей жақын, 50 см аспайтын ара қашықтықта жүргізілді) дереу іріктеп алынды.

Тау жынысының максималды бұзылу аймағындағы тритий құрамының деңгейін зерттеу.

Штольнялардың соңғы бокстарының орналасу орындары туралы шынайы ақпараттың жоқтығынан атмосферадағы тритийдің құрамына қосымша штольня үстіндегі тау жынысының максималды бұзылу (*ұсатылу аймақтары*) аймақтары зерттелді. Зерттеу жүргізу орны штольня құрылысы туралы деректі ақпарат бойынша да, көзбен шолу арқылы да анықталды.

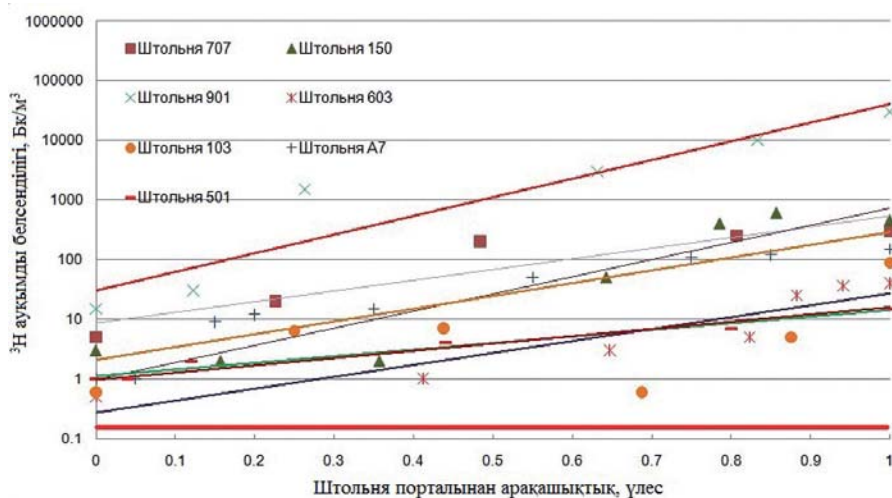
Атмосфералық ауа су буларының сынамаларын іріктеп алу жарылыстың болжанған қуысынан 200-500 м биіктікте жүзеге асырылды (1-сурет, 3 нүкте).

Ұсынылған нәтижелерді жақсы түсіну үшін «Дегелең» алаңында жүргізілген ауа ортасындағы тритий деңгейі мен таралу сипатының алдыңғы зерттеулерінің нәтижелері бойынша атмосфералық ауадағы тритийдің аялық шоғырлануы $0,2 \text{ Бк/м}^3$ құрайтынын атап өту қажет [13]. Аяның деңгейі барлық кестелерде көлденең қызыл сызықтармен берілген.

2.2 Нәтижелер және оларды талқылау

2.2.1 Штольнялар қуысының ішінде ауа ортасындағы тритий деңгейі мен таралу сипатын зерттеу

Штольнялар қуысының ішінде ауа ортасындағы тритийдің шоғырлануын зерттеу суретте ұсынылған (2-сурет). Кестенің көлденең өзегі бойынша штольня порталынан соңғы боксқа дейінгі, бірлік ретінде максималдыдан бір үлесте алынған ара қашықтық көрсетілген. «0» нүктесі кестеде штольня порталына сәйкес келеді. Тік өзек бойынша штольня қуысының ішіндегі тритийдің ауқымды белсенділігі логарифмдік көлемде көрсетілген.



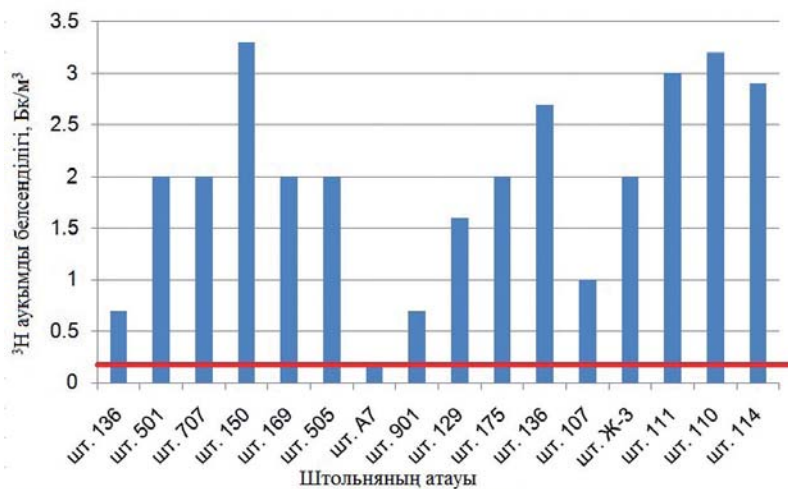
2-Сурет. Штольняның көлденең кесінді ретіндегі сұлбалық бейнесі

Штольнялар қуысының ішіндегі тритийдің шоғырлану мәні 1-ден 30 000 Бк/м³ дейінгі шектерде өзгереді. Тритийдің максималды шоғырлануы соңғы боксқа жақынырақ орналасқан белгіге сәйкес келеді. Алынған таралу көрсеткендей, штольня қуысы ішіндегі тритийдің шоғырлануы ара қашықтыққа экспоненциалды бағынышты. Штольня порталына жақындаған сайын тритийдің шоғырлануы төмендейді. Алынған таралудың себебі екі механизм – штольня қуысы ішіндегі ауа қабаттарының конвективті араласуы мен құз жыныстарының бұзылған сызаттары бойынша ұшып кетуі орын алуы мүмкін.

Сонымен, зерттеулер нәтижелері жарылыстар жүргізілген уақыттан бері көп жыл өтсе де тритийдің штольнялар қуыстарында аяның деңгейінен көп асатын детектрленген мөлшерде екендігін көрсетті. Порталдың ішкі жағындағы ауада тритийдің құрамы ондаған Бк/м³ құрайды.

2.2.2 Штольнялардың сағалды телімдеріндегі тритийдің деңгейін зерттеу

Зерттеу нәтижелері төмендегі суретте көрсетілген (3-сурет).



3-Сурет. Штольнялардың сағалды телімдерінде атмосферадағы тритийдің құрамы

Зерттеу нәтижелері порталдан тіпті 30 м ара қашықтықтағы атмосфералық ауада тритийдің бар екендігін көрсетті. Барлық зерттеліп жатқан жағдайларда, А7 штольнясынан басқа, тритий құрамының мәні аялық деңгейден 15 ретке жоғары.

2.2.3 Тік ұңғымалардың орналасу орнында тритий құрамының деңгейін зерттеу

Зерттеу нәтижелері келесі суретте ұсынылған (4-сурет).

Зерттеу нәтижелеріне сәйкес тритийдің штольня қуысынан күндізгі жер бетіне шығу процесі тіркелді. 185 және 132 штольнялар жағдайларында, атмосферадағы тритийдің құрамы аялық шоғырланудан асты және 10 Бк/м³ және сәйкесінше 8 Бк/м³ құрады.



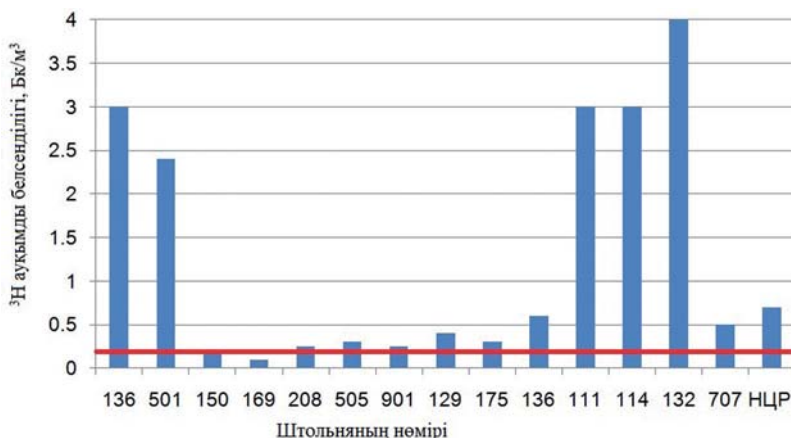
4-Сурет. Ұңғымаларды бұрғылау орындарында атмосферадағы тритийдің құрамы

Ұңғымаларды бұрғылаудан соң атмосфераға ауа ағындарымен тритийдің шығуы мүмкін нәрсе болатын, бұдан соң ұңғымаларды бұрғылауға дейін ауа ортасында тритийдің болуы туралы айтуға келмейді. Мүмкін, мұның себебі – тритийдің жақсы жылыстау қасиеттері, оның арқасында құз жыныстарының тығыздану аймақтары бойынша ауа ағындарымен жеңіл өтуі мүмкін.

Ұңғымаларды бұрғылауға дейін атмосферада тритийдің болуы барлық жағдайда кездесті деп айтуға болмайды. Бұл көптеген факторларға – жарылыс қуатына, сынақ түріне және сынақтың өткізілген күніне және т.б. байланысты болу мүмкін. Өкінішке орай, осы уақытта бұл параметрлерді бағалау сынақтарды өткізу жағдайлары туралы нақты ақпараттың болмауына байланысты қиынға түседі.

2.2.4. ЖЯЖ қуысының үстіндегі максималды ұсатылу аймағында тритий құрамының деңгейін зерттеу

Зерттеу нәтижелері келесі суретте ұсынылған (5-сурет).



5-Сурет. ЖЯЖ қуысының үстіндегі максималды ұсатылу аймағында атмосферадағы тритийдің құрамы

Максималды бұзылу аймағында іс жүзінде барлық штольняда аялық деңгейден 12,5–тен 15 ретке дейін асатын тритий мәндері тіркелген. Зерттеулер күз жыныстарының шыңында жүргізілгендіктен, тритийдің болуы тек оның штольня қуысынан түсуіне ғана байланысты болуы мүмкін.

Атмосферадағы тритийдің алынған мәндері ЖЯЖ қуысынан 500 м дейінгі биіктікте тіркелгенін атап өту маңызды.

Ауа ортасында тритийдің бар болуы туралы ақпарат тритийдің штольня қуысынан принципіалды болжамды шығуы туралы айтады. «Дегелең» алаңындағы соңғы сынақтар жүргізілгеннен кейін 20 жылдан аса өткен соң тритий детектрленген мөлшерде штольня ішінде ғана емес, сонымен бірге сағаалды телімде, таулы массивтің етегінде, сондай-ақ жарылыс қуысынан 500 метрге дейінгі биіктікте орналасқан тау жыныстарының максималды бұзылу аймағында табылған.

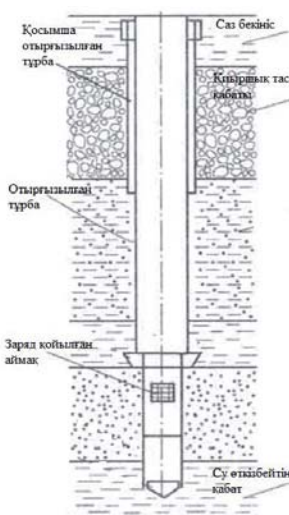
Аталған бөлімге қорытынды жасай отырып, тритий, нақтырық айтқанда ауа ортасындағы оның бар болуы мен құрамының деңгейі туралы ақпарат штольнялар типі бойынша тау қуыстарында жүргізілген ЖЯЖ орындарының верификациясы үшін табысты қолданылуы мүмкін.

3. «БАЛАПАН» АЛАҢЫ АУМАҒЫНДА ЖҮРГІЗІЛГЕН ЖЯЖ ОРЫНДАРЫНДАҒЫ АУА ОРТАСЫНДА ТРИТИЙ ҚҰРАМЫНЫҢ ДЕҢГЕЙІ МЕН ТАРАЛУ СИПАТЫН ЗЕРТТЕУ

3.1 Нысандардың сипаттамасы мен зерттеу жүргізудің әдіснамасы

Зерттеу нысандарының қысқаша сипаттамасы. «Балапан» алаңындағы ядролық сынақтар ұңғымаларда – кейбір бөліктерінде диаметрі әр түрлі отырғызылған тұрбалары бар, төмен жағында диаметрі 900 м ашық діңгек бар тік қуыстарда жүргізілген. Ұңғымалардың тереңдігі – 100–600 м. Зарядты орналастыру жүргізілген соң ұңғыма бүкіл тереңдігі бойымен бітелген. Бітеу кешені күштік және технологиялық элементтердің: цемент тығын мен ұсақ тасты телімдердің үйлесімі ретінде берілген [15]. Ұңғыманың жалпы (1010 ұңғыманы мысалға ала отырып) сипаты мен ұңғыманың тік қимасының сұлбасы суретте берілген (6-сурет).

Аталған жұмысты жүргізу процесінде 8 ұңғыма аумағындағы ауа ортасында тритий құрамының деңгейін зерттеу жұмысы орындалды (4-кесте) [14]. Сағаалды телімдерде, олардың ішінен 3-інде – 1010, 1355 және Глубокая ұңғымаларының ауа ортасында тритийдің деңгейі мен таралу сипатына жан-жақты зерттеу жүргізілді.



а) б)

6-Сурет. Ұңғыманың жалпы сипаты (а), ұңғыманың тік қимасының сұлбасы (б).

4-Кесте.

Зерттеліп жатқан ұңғымалар тізімі және жүргізілген ядролық сынақтардың сипаттамасы

№ р/р	Ұңғыма №	Сынақ жүргізілген күн	Сынақтың мақсаты	Қуаты, кТ	Жарылыс түрі ¹	Жүргізілген сынақтар саны	Заряд- ты қою тереңдігі, м
1	1010	11.06.78	ЯҚ құру	58	ТЕЖ	1	556
2	1236	18.10.81	ЯҚ құру	107	ТКЖ	1	525
3	1361	13.02.88	ЯҚ құру	125 0.001-20	ТЕЖ	2	125
4	1355	13.12.87	ЯҚ құру	137 0.001-20	ТЕЖ	2	530
5	1317	31.02.88	ЯҚ құру	8	ТКЖ	2	532
6	1053	19.06.68	Іргелі зерттеулер	18	ТКЖ	1	316
7	1315	12.03.87	ЯҚ құру	11	ТЕЖ	2	529
8	Глубокая	30.11.77	ЯҚ құру	70 0.001-20	ТЕЖ	2	535

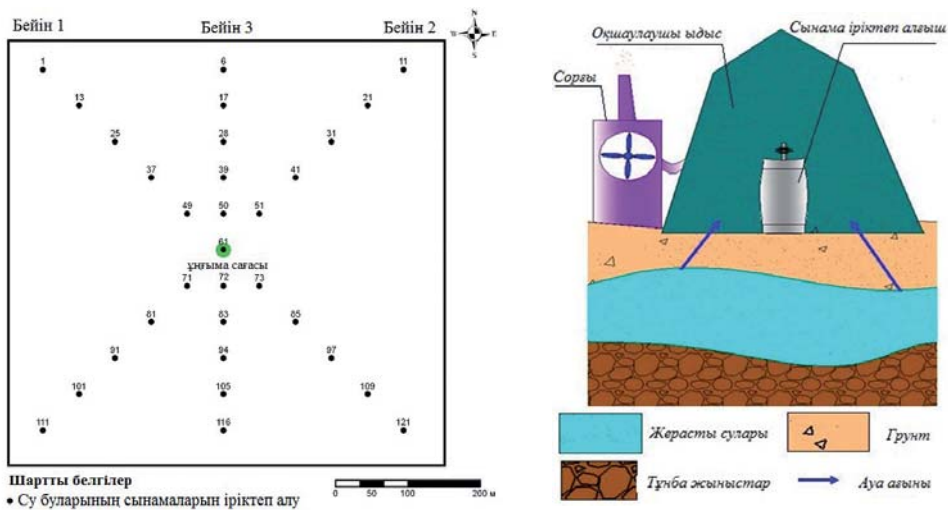
Іс жүзінде барлық ұңғымаларда сынақтың мақсаты ретінде ядролық қару құру болды, зарядты қою тереңдігі 125-тен 556 м дейін құрады. Міндетке байланысты жарылыстар қуаты 0,001 Кт-дан 150 Кт дейін құбылды. Соңғы сынақ жүргізілген уақыттан бастап 23 жыл өтті. Ұңғымалардың орналасуына жақын тритийдің қоршаған ортаға түсуінің көрінетіндей қандай да бір көзі жоқ.

Зерттеу жүргізудің әдіснамасы. Зерттеу жүргізу үшін бұрын жүргізілген зерттеулердің нәтижелері бойынша «кәтерлі» деп танылған 8 әскери ұңғыма таңдап алынды. Аталған термин оларға орналасу аймағындағы геотермалды белсенділіктің

тиімділігін анықтаудың бар екендігіне, бұзылмаған «қазан-шұңқыр» қуыстарының бар болғандығына, газ шығарудың болуы (топырақасты ауасындағы газдардың жоғары құрамы), сондай-ақ ЖЯЖ жүргізудің әр түрлі механикалық зардаптарына (бедердің өзгеруі, тік құлама қазан-шұңқырдың пайда болуы және т.б.) байланысты берілген болатын [16].

Ең басында, 8 ұңғыманың сағаалды телімдеріндегі тритий құрамының мөлшерін салыстырудың мүмкіндігі үшін атмосфералық және «топырақасты» ауасы су буларының сынамаларын қосарлы іріктеп алу жүргізілді. Бұл үшін әр сағаалды телімінде 50 см арақашықтықта ұңғыманың ұшына максималды жақын орналасқан нүкте тандап алынды.

Ары қарай, алынған деректер нәтижесінде жан-жақты алаңдық зерттеу үшін сағаалды телімдеріндегі ауа ортасында аздаған тритийдің құрамы тіркелген үш ұңғыма тандап алынды.



а) б)

7-сурет. Ұңғымалардың сағаалды телімдеріндегі «топырақасты» ауа сынамаларын іріктеп алу нүктелерінің орналасу сұлбасы (а), «топырақасты» ауа сынамаларын криогенді мұздату әдісімен іріктеп алуды жүргізу сұлбасы

Тритийдің күндізгі жер бетіне шығу орындары ұңғыманың сағасының орналасуына кей кезде сәйкес келмейді деген болжам жасалды. Сонымен, алаңдық зерттеу кезінде сынамаларды іріктеп алу үшін нақты бір сұлба тандап алынды, оған сәйкес ұңғыманың іс жүзінде барлық сағаалды телімдері қамтылды (7-сурет, а). Сынамаларды іріктеп алу үш – екі диагональ және бір көлденең бейіндер бойынша жүргізілді. Барлық үш бейінде ұңғыма сағасының орналасқан орнында орталық түйісу нүктесі бар. Диагональ бейіндегі нүктелер арасында ара қашықтық 70 м құрайды, көлденең бейіндегі нүктелер арасында 50 м құрайды.

Жарылыстар терең ұңғымаларда жүргізілгендіктен тритийдің атмосфераға түсуінің негізгі механизмі тритийдің жер бетінен эманациясы болуы мүмкін. Сонымен, тритий құрамының деңгейін жан-жақты зерттеуді «топырақасты» ауасы сынамаларын

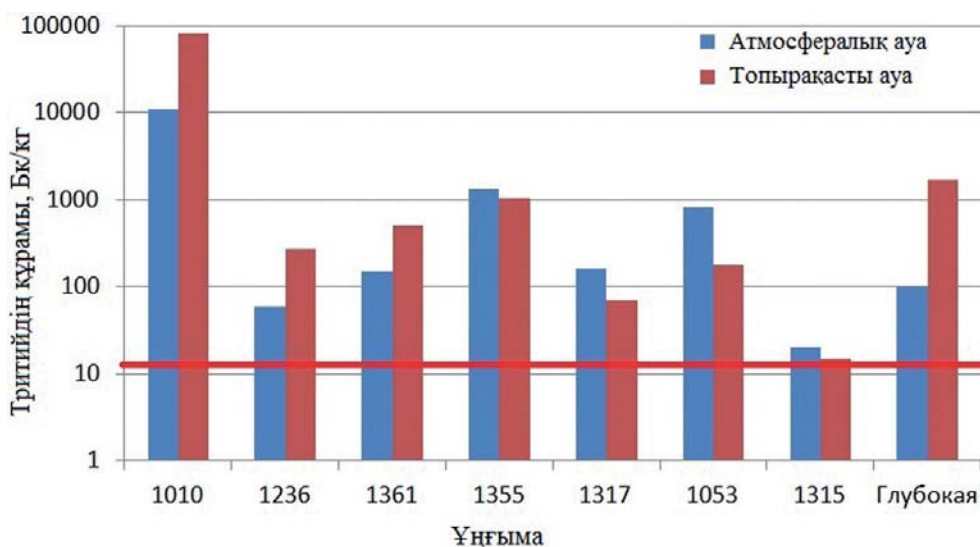
іріктеп алудың көмегімен жүргізуге шешім қабылданды. «Топырақасты» ауасы кестеде көрсетілген сұлбаға сәйкес іріктеп алынды (7-кесте, б). Сынамаларды іріктеп алуды жүргізу кезіндегі сынамаларды іріктеп алу нүктесі атмосфералық ауадан мүмкіндігінше максималды оқшауланды. Бұл көлемі 100 л, орнатылған сынама іріктеп алушымен бірге сынамаларды іріктеп алу орнын жапқан арнайы оқшаулаушы ыдыстың болуымен қол жетімді болды. Атмосферадан оқшауландыру үшін ыдыстың шеттері топыраққа терең еніп, сосын үстінен жақсылап тығыз жабылуы қажет. Вакуумды сорғының көмегімен ыдыстың ішінде сұйық манометрдің көмегімен бақыланатын зарядтан арылу пайда болды.

Сынамаларды ыдыспен іріктеп алу уақыты шамамен 120 минутты құрады. Ауа сынамаларын іріктеп алу кезінде электронды гигрометрдің көмегімен өлшенетін температураны және ауаның салыстырмалы ылғалдылығын міндетті түрде тіркеу жүргізілді. Бұл параметрлердің мәндері су буларындағы (Бк/кг) тритийдің тиесілі белсенділігін ауқымды белсенділікке (Бк/м³) қайта есептеу үшін қолданылды.

3.2. Нәтижелер және оны талқылау

3.2.1. 8 «қатерлі» ұңғымалардың сағаалды телімдерінде ауа ортасындағы тритийдің құрамын зерттеу

Зерттеу нәтижелері суретте көрсетілген (8-сурет).



8-Сурет. Ұңғымалардың сағаалды телімдеріндегі атмосфера мен «топырақасты» ауасы су буларындағы тритийдің құрамы

Алынған нәтижелер ұңғымалардың сағаалды телімдерінде атмосфералық ауаның су буларында тритийдің болуымен бірге топырақ бетінен тритийдің эманация процесінің де байқалатынын көрсетті. «Топырақасты» ауаның су буларындағы тритийдің шоғырлануы 15-тен 82000 Бк/кг-ға дейінгі шектерде өзгереді, тритийдің 14

Бк/кг-ға тең ауқымды белсенділігінің минималды детектрленген мәні атмосфералық ауаның су буларындағы тритий құрамының аялық деңгейінен барлық жағдайда асады.

Алынған деректер бізге топырақасты ауаның су буларында тритийдің болуын, сондай-ақ оның «әскери» ұңғымалар орналасқан орында күндізгі жер бетіне шығуының принципіалды мүмкіндігін көрсетті, соның салдарынан ары қарайғы аса жан-жақты зерттеулерді жүргізудің дұрыстығы туралы шешім қабылданды.

3.2.2 Ұңымалардың сағаалды телімдеріндегі тритийдің деңгейі мен таралу сипатын жан-жақты зерттеу

3 ұңғыма – 1355, 1010 және «Глубокая» ұңғымаларының сағаалды телімдерінде тритийдің құрамын зерттеу нәтижелері бойынша жоғарыда суреттелген әдіснамаға сәйкес, жүріп өткен бейіндер бойынша тритийдің таралу сипатын көрсететін кестелер құрылды.

Кестелер құру кезінде «0» белгісі үшін ұңғыманың ұшы орналасқан орны қабылданды, көлденең өзек бойынша бір метр ұңғымадан солға және ұңғыманың сағасынан бір метр оңға ара қашықтық, тік өзек бойынша – тритийдің ауқымды белсенділігі, Бк/м³ ұсынылған.

Кестеде қызыл сызықпен зерттеліп жатқан аумақта 0,03 Бк/м³-ге тең тритийдің ауқымды белсенділігінің минималды детектрленген мәні ретінде қабылданған «топырақасты» ауадағы тритийдің аялық шоғырлану деңгейі белгіленген.

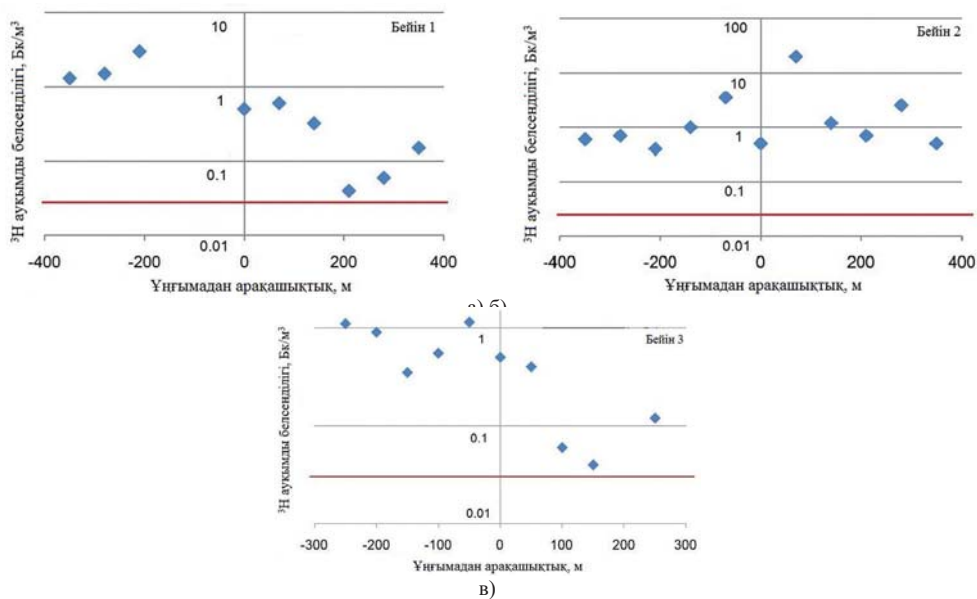
1355 Ұңғыма. Зерттеу нәтижелері 1355 ұңғымасының сағаалды алаңында тритийдің топырақ бетінен атмосфераға эманация процесі жүретінін көрсетті. Ұңғыманың сағаалды теліміндегі «топырақасты» ауада тритий шоғырлануы 0,04 -тен 20 Бк/м³ дейінгі шектерде өзгереді (9-сурет).

Ұңғыма орналасқан жердегі тритийдің шоғырлануы 0,5 Бк/м³ құрады. Нәтижелер талдауы көрсеткендей, тритий құрамының аса жоғары мәні зерттеліп жатқан телімнің солтүстік-шығысынан оңтүстік-батысына өтетін 2 бейінге тән екендігін көрсетті.

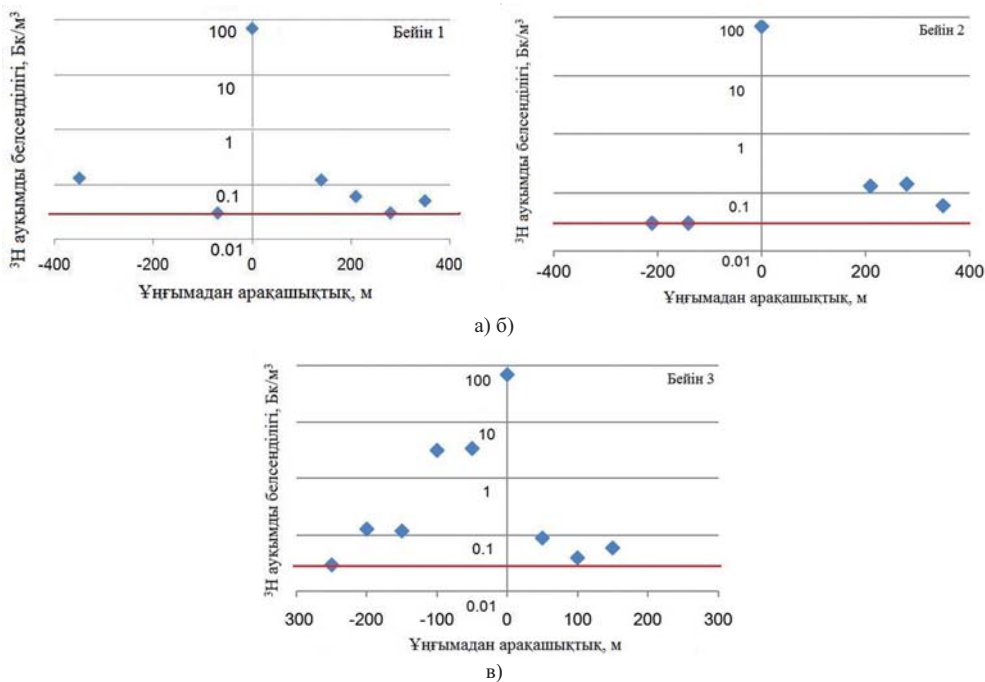
Тритийдің максималды шоғырлануының ұңғыма сағасынан 70 м-де орналасқан нүктеде байқалғанын және 20 Бк/м³ құрағанын ерекше атап өтуге болады (9-сурет, б).

1010 Ұңғыма. Жүргізілген зерттеулер тритийдің топырақ бетінен атмосфераға негізге түсуі тритийдің максималды шоғырлануы – 70 Бк/м³ байқалған ұңғыманың сағасына жақын орналасқан жерде жүретіндігін көрсетті (10-сурет).

Сондай-ақ зерттеліп жатқан телімнің солтүстік бөлігіндегі екі нүктеде қалғандарымен салыстыру бойынша жоғары, 4 Бк/м³ құрайтын ³Н шоғырлану мәні байқалған (10-сурет, в).



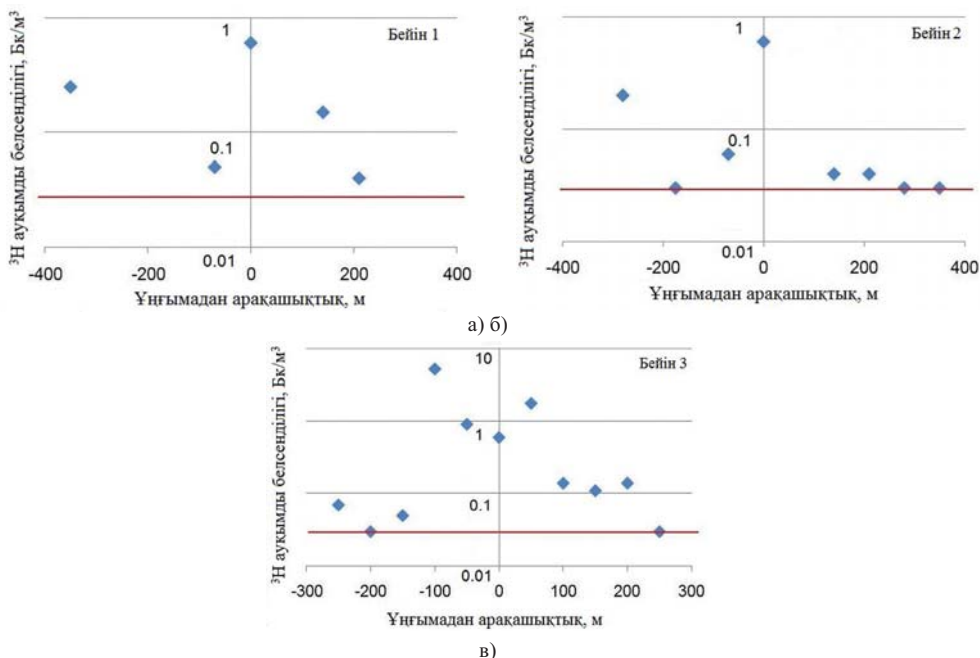
9-сурет. 1355 ұңғымасының сағаалды телімінде диагональ бейіндер (а, б) және көлденең бейін (в) бойынша сағалармен салыстырғандағы ^3H таралу сипаты



10-сурет. 1010 ұңғымасының сағаалды телімінде диагональ бейіндер (а, б) және көлденең бейін (в) бойынша ^3H таралу сипаты

«Глубокая» ұңғымасы. «Глубокая» ұңғымасының сағаалды алаңына зерттеу жүргізу нәтижесінде тритийдің «топырақасты» ауада болуы, соның салдарынан тритийдің атмосфераға түсуі де тіркелді.

Сағаалды алаңының солтүстік бөлігіндегі ұңғыманың қазан-шұңқырынан 50 м-де тритий шоғырлануы 5 Бк/м^3 құрады. Ұңғыма сағасы орналасқан жерде тритийдің шоғырлануы $0,6 \text{ Бк/м}^3$ құрады (11-сурет).



11-сурет. «Глубокая» ұңғымасының сағаалды телімінде диагональ бейіндер (а, б) және көлденең бейін (в) бойынша сағалармен салыстырғандағы ^3H таралу сипаты

Нәтижелердің талдауына сәйкес тритийдің көп мәні зерттеліп жатқан телімнің солтүстігінен оңтүстігіне өтетін 3 бейінге тән.

Жүргізілген зерттеу нәтижелерінің талдауы тұтасымен алғанда ұңғымалардың сағаалды телімдерінде осы уақытта тритийдің топырақ бетінен атмосфераға эманация процесі белсенді өтіп жатқанын көрсетті. Мұндайда, ауа ортасындағы тритийдің максималды шоғырлануы кей кезде ұңғыма ұшының орналасу орнына орайластырылмайды. Бірқатар жағдайларда «топырақасты» ауасындағы тритийдің маңызды шоғырланулары ұңғымадан біршама, 200 м дейін құрайтын арақашықтықта тіркелген.

ҚОРЫТЫНДЫ

Жарылыстар көлденең штольняларда жүргізілген «Дегелең» алаңында тритий құрамына зерттеу жүргізу кезінде ауа ортасындағы тритий құрамының маңызды мәні штольнялар қуысының ішінде, олардың сағаалды телімдерінде, порталдан 30 м ара қа-

шықтықта, сондай-ақ ЖЯЖ қуысының үстіндегі тау жынысының максималды бұзылу аймағында, 500 м дейінгі биіктікте тіркелген. «Балапан» алаңында жүргізілген зерттеу тритийдің топырақ бетінен эманация процесі қазіргі уақытта да жүріп жатқандығын көрсетті. Тритий ұңғыма сағасының орналасуына жақын атмосфералық ауада, және одан әр түрлі қашықтықта алыстаудағы «топырақасты» ауасында тіркелген.

Жүргізілген зерттеулердің нәтижелері ЖЯЖ орналасу орындарында тритийдің бар екендігін және оның ауа ортасына ықтимал шығу мүмкіндігін көрсетті. Тритийдің детектрленетін мәндері ядролық сынақ жүргізілген соң 20 жыл өткенде тіркелуі мүмкін. Сонымен, бұрынғы ССП аумағында жүргізілген зерттеулер сынақтардың штольняларда жүргізілу, сол сияқты сынақтардың ұңғымаларда жүргізілу жағдайында жерасты ядролық сынақтарды жүргізу орындарының индикаторы ретінде көрсетті.

Ядролық сынақтарға жаппай тыйым салу туралы келісімшарт ядролық қаруды таратпау режимін нығайтудың маңызды элементтерінің бірі болып қалады. Ұсынылған жұмыста алынған нәтижелердің инспекциялар жүргізу тұрғысынан алып қарағандағы ядролық сынақтарды жүргізу орындарына верификацияға қатысты сұрақтарды қарастыру кезінде маңызды мәні бар.

Алынған деректерге сәйкес, тритийдің ЖЯЖ жүргізу орындарының индикаторы ретінде қолдану әдісі сынақтарды жүргізу орнын анықтауға ғана емес, одан басқа қажет болған жағдайда жүргізу фактісін дәлелдеуге көмек көрсетеді.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. Ларионова Н.В. Өсімдік жамылғысындағы құрамы бойынша топырақасты суларының тритиймен ластануын бағалау әдісін әзірлеу және пайдалану / Н.В. Ларионова, О.Н. Ляхова, С.Н. Лукашенко, А.О. Айдарханов, С.Б. Субботин // [Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының 2007-2009 жж. еңбектер жинағы] / С.Н. Лукашенконың басшылығымен – 2-шығарылым. – Павлодар: Баспа үйі, 2010. – Б. 321-331: ил.- Библиогр.:б. 224-231 - ISBN 978-601-7112-28-8.
2. Байғазинов Ж.А. ССП жағдайында жасанды радионуклидтердің қойдың мүшелері мен ұлпаларына ауысу ерекшеліктерін тәжірибелік зерттеу / Ж.А.Байғазинов, А.В.Паницкий, С.Н.Лукашенко [және т.б.]. // [Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының 2007-2009 жж. еңбектер жинағы] / С.Н. Лукашенконың басшылығымен – 2-шығарылым. – Павлодар: Баспа үйі, 2010. – Б. 355-386: ил.- Библиогр.: б. 224-231 - ISBN 978-601-7112-28-8.
3. Су сапасы – тритийдің аталған шоғырландыруға сәйкес белсенділігін анықтау – сцинтилляциондық есептеудің сұйықтық әдісі: ISO 9698-1989 /Е/.
4. Тритийді өлшеу әдістері. РҚХК ұсыныстары, АҚШ: [ағыл. тіл. ауд.]. - М.: Атомбасылым, 1978.
5. Ляхова О.Н. Дегелең таулы массиві шегіндегі ауа бассейнінің тритиймен ластануын қалыптастыру механизмдері / О.Н. Ляхова, С.Н. Лукашенко, Н.В. Ларионова // [Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының 2007-2009 жж. еңбектер жинағы] / С.Н. Лукашенконың басшылығымен –

- 2-шығарылым. – Павлодар: Баспа үйі, 2010. – Б. 331-354: ил.- Библиогр.: б. 224-231 - ISBN 978-601-7112-28-8.
6. Егоров Ю.А. АЭС табиғи-техногенді ортасы – қоршаған ортадағы тритий, Аймақтық экология N1-2,2002 / Ю.А. Егоров. – Б.13.
7. Горбачев В.М. Сәулеленудің ауыр элементтермен және ядролық бөлінулермен өзара әрекеттесуі: анықтамалық / В.М. Горбачев, Ю.С. Замятин, А.А. Лбов. – Москва: Атомбасылым, 1976.
8. “NuclidKarte” Kernforschugszentrum Karlsruhe. – Nov, 1981.
9. IAEA-NDS-CD-05 EXFOR CD-ROM. – Version: 2000, January.
10. Перчук Л.Л. // Соросов шолу журналы. – 1997. - №6. – Б. 56-63.
11. Кимель Л.Р. Иондық сәулеленуден қорғану: анықтамалық / Л.Р. Кимель, В.П. Машкович. – Москва: Атомбасылым, 1972.
12. Романов Г.Н. Тритийдің қоршаған ортадағы әрекет тәртібі және биологиялық әрекеті. Радиоэкология мәселелері / Г.Н. Романов. – М.: ВИНТИ, 1983.
13. Ляхова О.Н. «Дегелең сынақ алаңы аумағында қоршаған орта нысандарындағы тритий құрамын зерттеу» / О.Н. Ляхова, С.Н. Лукашенко, М.А. Умаров, А.О. Айдарханов // ҚР ҰЯО жаршысы. – 2007. 4– Шығарылым. – Б. 80 – 86.
14. Database of nuclear tests. USSR 1949-1990 [Электрондық ресурс] / PHP-Nuke Copyright by Francisco Burzi, 2005 - . – Қол жеткізу режімі: <http://www.sonicbomb.com>, еркін. – тақырыбы экраннан.
15. КСРО-дағы ядролық сынақтар / В.Н. Михайловтың басшылығымен. - М., 1997. – 467 б.
16. Субботин С.Б. «Балапан» алаңы аумағындағы апаттық сипаттағы зардаптардың мүмкіндігін бағалау / С.Б. Субботин, С.Н.Лукашенко [және т.б.]. // [Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының 2007-2009 жж. еңбектер жинағы] / С.Н. Лукашенконың басш. – 2-шығарылым. – Павлодар: Баспа үйі, 2010. – Б. 401-450: ил.- Библиогр.: б. 224-231 - ISBN 978-601-7112-28-8.

ТРИТИЙ КАК ИНДИКАТОР МЕСТ ПРОВЕДЕНИЯ ЯДЕРНЫХ ИСПЫТАНИЙ

¹Ляхова О.Н., ¹Лукашенко С.Н., ¹Ларионова Н.В., ¹Субботин С.Б.,
²Мульгин С.И., ²Жданов С.В.

¹*Институт Радиационной Безопасности и Экологии НЯЦ РК,
Курчатов, Казахстан*

²*Институт ядерной физики НЯЦ РК, Алматы, Казахстан*

В настоящее время в связи с существованием Договора о нераспространении ядерного оружия, весьма актуальным является вопрос о достоверной верификации мест проведения ядерных взрывов.

В данной работе предлагается рассмотреть новый метод верификации мест проведения подземных ядерных взрывов с использованием трития в качестве индикатора. Подробные исследования содержания трития в воздушной среде проведены в местах проведения подземных ядерных испытаний – это испытательная площадка «Балапан» и площадка «Дегелен», расположенных на территории бывшего Семипалатинского Испытательного полигона (СИП).

В работе представлены данные по уровню содержания и характеру распространения трития в воздушной среде в месте расположения штолен и скважин - в зонах эпицентра взрывов, в местах расположения устья скважин и портала штолен, а так же на приустьевых участках мест проведения подземных ядерных взрывов (ПЯВ). Показана возможность использования трития с целью определения мест и подтверждения факта проведения ПЯВ.

Ключевые слова: ядерные испытания, верификация, площадка «Дегелен», площадка «Балапан», тритий, атмосферный воздух, почвенный воздух, тритиевое загрязнение, характер распределения трития.

TRITIUM AS AN INDICATOR OF VENUES FOR NUCLEAR TESTS

**¹O. N. Lyakhova, ¹S. N. Lukashenko, ¹N. V. Larionova, ¹S. B. Subbotin,
²S. I. Mulgin, ²S. V. Zhadanov**

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

²*Institute of Nuclear Physics NNC RK, Almaty, Kazakhstan*

Currently, due to the existence of the Treaty on the Non-proliferation of Nuclear Weapons there is a highly topical issue of accurate verification of nuclear explosions locations.

This paper proposes to consider radically new method for verification of underground nuclear explosions locations - the use of tritium as an indicator. Detailed studies of the tritium content in the air were carried in the locations of underground nuclear tests - "Balapan" test site and "Degelen" test site located in STS.

The paper presents data on the levels and nature of the distribution of tritium in the air at the location of the tunnels and boreholes - in the areas of the epicentre, in the locations of wellheads and tunnel portals, as well as in estuarine areas of the venues of the UNE. The paper also shows the possibility of using the tritium to determine the locations and confirmation of underground nuclear explosions.

Key words: nuclear testing, verification, Degelen site, Balapan site, tritium, atmospheric air, soil air, tritium contamination, distribution of tritium.

УДК 577.391:577.4:504.74:636.32/.38:539.16

**«ДЕГЕЛЕҢ» СЫНАҚ АЛАҢЫНЫҢ ЖАҒДАЙЫНДА АУЫЛ
ШАРУАШЫЛЫҒЫ ЖАНУАРЛАРЫН ӨСІРУ БАРЫСЫНДА ОЛАРДЫҢ
АҒЗАСЫНАН АНЫҚТАЛҒАН ТРАНСУРАНДЫ ЭЛЕМЕНТТЕР**

¹Паницкий А.В., ¹Байғазинов Ж.А., ¹Лукашенко С.Н., ²Коваль А.В.

¹ҚР ҰЯО Радиациялық қауіпсіздік және экология институты, .

Курчатов қ., Қазақстан

²ҚР ҰЯО Ядролық физика институты, Алматы қ., Қазақстан

Мақалада бұрынғы Семей сынақ полигонының (ССП) «Дегелең» алаңының радиоактивті-ластанған аумағында қойларға жүргізілген табиғи зерттеулердің нәтижелері келтірілген. Жұмыстардың нәтижесінде зерттеліп жатқан жануарлардың ағзасында трансуранды радионуклидтердің таралу сипаты анықталды. ССП аумағын шаруашылыққа пайдалануға беру мүмкіндігін бағалау барысында ²⁴¹Am және ²³⁹⁺²⁴⁰Pu шоғырлануын болжау үшін қажетті, ауыл шаруашылығы өнімдеріне (қой етіне) аталған радионуклидтердің өту коэффициенті алынды.

Түйін сөздер: өту коэффициенті (Өк), қойлар, ауылшаруашылық өнімі, қымыз, Семей сынақ полигоны (ССП), трансуранды элементтер, плутоний – 239+240 (²³⁹⁺²⁴⁰Pu), америций-241 (²⁴¹Am).

КІРІСПЕ

Аталған зерттеулер 004 «Отын-энергетикалық бағдарлама, мұнай химиясы және минералды ресурстар саласындағы технологиялық сипаттағы қолданбалы ғылыми зерттеулер» ғылыми-техникалық бағдарламасы, 2009-2011 жж. арналған «Қазақстан Республикасында атом энергетикасы дамуының ғылыми-техникалық бағдарламасын жүзеге асыру» 1-шарасы «Семей полигоны атом энергетикасы нысандарының қазіргі ахуалын және қызметінің қоршаған ортаға зардаптарын зерттеу» 01.01. тапсырмасының «Радиоактивті-ластанған ағын сулардың әсеріне ұшыраған экожүйелерді зерттеу» 01.01.01. кезеңі шеңберінде жүргізілді.

Қазіргі уақытта ССП кейбір аумақтарын шаруашылық айналымына беру мүмкіндігін кешенді зерттеу жүргізілуде. Алайда аумақтарды беруге арналған болжамды қауіпсіздікті толық бағалау үшін зерттеліп жатқан аумақта радионуклидтерді алу жағдайында ауыл шаруашылық өнімдерінде олардың мүмкін шоғырлануын болжау үшін қажетті тәжірибелік мөлшерлер жетіспейді. АТЭХАГ деректер базасында бар мөлшерлер ССП аумақтарынан өзгеше табиғи жағдайларда орналасқан және әр түрлі радиациялық апаттарға байланысты радионуклидті ластанудың мүлдем басқа сипаты бар аумақтарда жүргізілген зерттеулердің нәтижелері бойынша алынған. Әдебиетте аймаққа тән, жергілікті тұрғындар үшін азық-түлік себетінде маңызды орын алатын жылқы еті және қымыз сияқты ауыл шаруашылық өнімдеріне өту коэффициенттері туралы деректер жоқ. Сондай-ақ ²³⁹⁺²⁴⁰Pu және ²⁴¹Am трансуранды элементтердің өсімдік тектес, сол сияқты жануар тектес ауыл шаруашылық өнімдеріне өту коэффициенті іс жүзінде жоқ. Радионуклидтердің мал шаруашылығы өнімдеріне өтуінің болжамды

мөлшерлерін алуға бағытталған "тәжірибелік фермер шаруашылығында" зерттеулерді жүргізудің ССП аумағында және оған іргелес аумақтарда тұратын тұрғындардың дозалық жүктемесін бағалау үшін үлкен іс-тәжірибелік маңызы бар.

^{241}Pu ыдырау есебінен ^{241}Am белсенділігінің өсуін, сондай-ақ көп жылғы болашақта (жүздеген жылдар) трансуранды элементтердің жартылай ыдырау кезеңдерінің мәндерін ескере отырып, бұл радионуклидтердің маңыздылығы ССП аумағындағы және іргелес аумақтардағы радиациялық параметрлерді қалыптастыруда өсетін болады.

Қазіргі уақытта трансуранды элементтердің мал шаруашылығы өнімдеріне малдың ағзасына түсуінің мерзімі мен формаларына байланысты сандық өтуінің мәселелері әлі де шешілген жоқ. Әлемде негізгі нәтижелері АТЭХАГ [1], деректер базасына енгізілген плутоний мен америцийдің өтуін зерттеуге байланысты тек бірдеген жұмыстар бар, олардың кейбір бөлімдері 1-кестеде келтірілген.

1-Кесте.

Радионуклидтердің қойлардың бұлшықет ұлпасына өту коэффициенттері

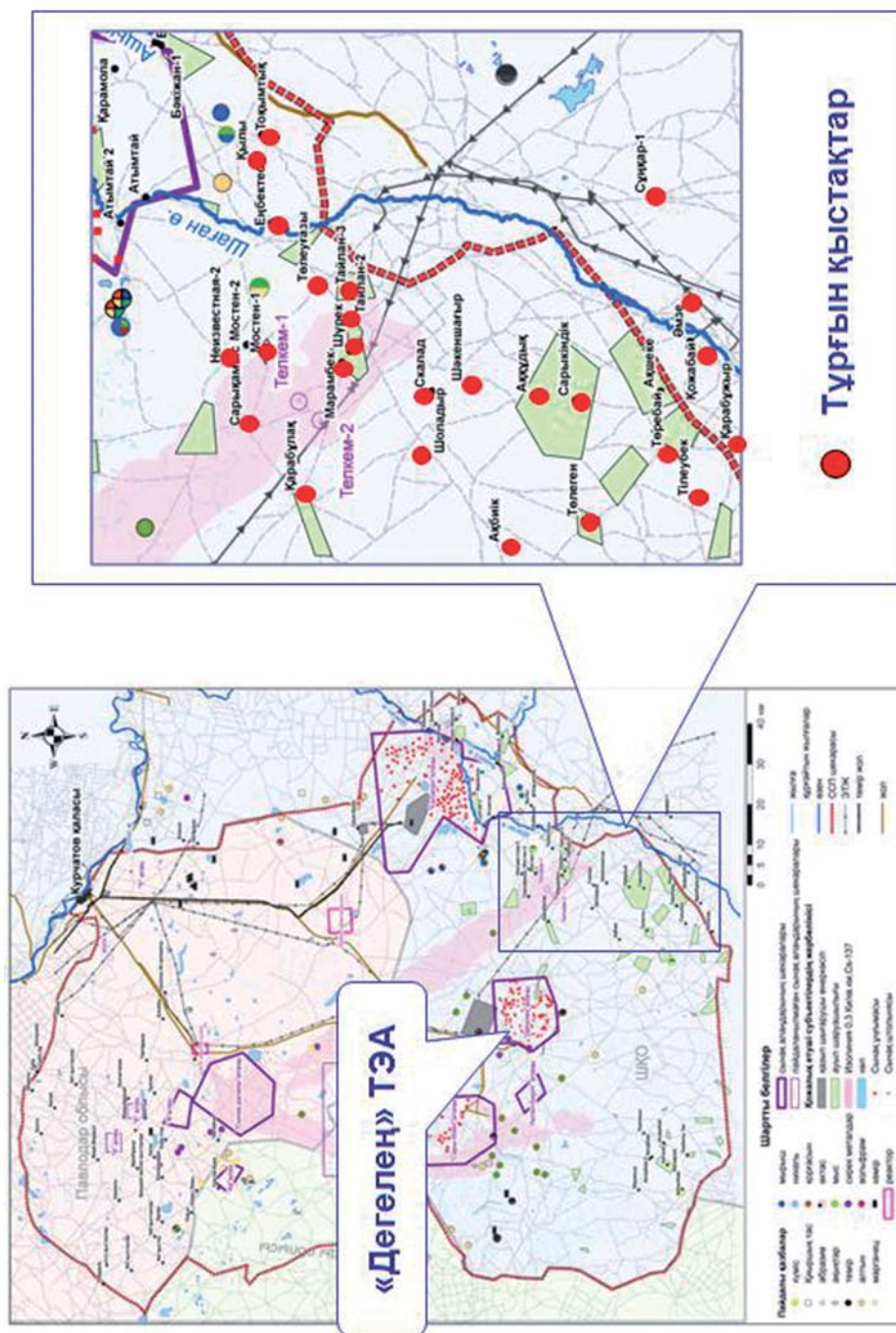
Радионуклид	min	max	барлық жұмыстар
Pu	$2,0 \times 10^{-5}$	$8,5 \times 10^{-5}$	2
Am	$4,8 \times 10^{-4}$		1

1. ӘДІСТЕР МЕН МАТЕРИАЛДАР

Зерттеуді жүргізу орны. Зерттеулер бұрынғы ССП оңтүстік бөлігінде орналасқан «Дегелең» тәжірибелік-сынақ алаңында (ТСА) жүргізілді, ол штольняның қазандық қуысынан ағатын [2], сол себепті топырақ, су, өсімдік және ауаның қоршаған ортасының құрауыштарын радиоактивті ластануын қалыптастыратын, топырақасты сулар орын алған, су шыққан №177 штольня таңдап алынды. Телім $^{239+240}\text{Pu}$ және ^{241}Am трансуранды элементтермен аса ластанғандардың бірі ретінде таңдап алынды.

Зерттеу нысандары. Зерттелетін малдар ретінде қазақтың құйрықты қылшық жүнді тұқымдас қойлар («Еділбай») пайдаланылды. Барлық мал клиникалық ахуалы мен экстерьерлық-конституционалды деректері бойынша ұқсас болды.

Зерттеудің нысандары мен орындарын таңдау аталған аймақтың ауыл шаруашылық қызметінің негізгі түрі мал өсіру болып табылатын және «Дегелең» ТСА жақын ССП аумағында мал өсірумен шұғылданатын аса көп орналасуына [3] байланысты негізделген (1-сурет).



Сурет 1. ССП онтүстік-батыс бөлігінде орналасқан тұрғын қыстақтар

Зерттеулерді жүргізу сұлбасы. Зерттеулер №177 штольня ауданында қорада ұстау жағдайларында жүргізілді. Малдар толыққанды моционды қамтамасыз ету үшін жайылатын алаңқайы (10×10 м) бар қорада (4×4 м) орналастырылды. Малдар радионуклидтердің ағзаға түсу жағдайлары бойынша екі топқа (1 топ және 2 топ) бөлінді. Бірінші және екінші топтар малдарына радиоактивті-ластанған шөп (2 кг-тәулік) берілді және радиоактивті-ластанған сумен (0,9–1,0 л/тәулік) суарылды. Екінші топ малдарына мәзірге 50 г мөлшерде радиоактивті-ластанған топырақ қосылды. Тәжірибеге қою мерзімдері тәжірибе сұлбасымен анықталды және 7, 14, 28, 56, 112 тәулікті құрады. Жайылу мерзімі аяқталған соң малдар ұлпалар (бұлшықет, сүйек және тері) мен мүшелердің (жүрек, бауыр, өкпе, бүйрек) сынамаларын іріктеп алумен радионуклидті талдауға бөлінді.

Малдармен тәжірибелік жұмыстарды қою кезінде топ-кезендер мен жұп-ұқсастар принципіне негізделген ғылыми тәжірибелердің мөлшерлі сұлбалары қолданылды [4]. Малдардың жалпы физикалық ахуалын бағалау үшін оларға апта сайын клиникалық тексеру жүргізілді. Құнарландырылған және шөптің басқа түрлерімен қосымша жемдеу жүзеге асырылған жоқ.

Өсімдіктер радиоактивті-ластанған бұлақ жағалауларының бойымен (№177 штольнядан ағатын арна басынан 180–200 м дейін, ағын судан 2 метр арақашықтықта) шауып алынды. Суаруға арналған су №177 штольняда, үйінді астынан ағатын ағын судың басынан іріктеп алынды. Малдардың мәзірге қосуға арналған топырақ та ағын судан 0-15 см аралықта іріктеп алынды, торшаларының өлшемі 1 мм елеуіш арқылы сүзіліп, тығыз шымнан тазартылып, мұқият гомогендірілді.

Радионуклидтік талдаулар. Қоршаған орта сынамаларындағы радионуклидтердің құрамына зертханалық талдаулар әдістемелік нұсқауларға сәйкес тексерілген зертханалық аппаратурада жүргізілді. ^{241}Am шоғырлануы бойынша [5], $^{239+240}\text{Pu}$ құрамы – радиохимиялық әдіспен жүргізілді [6, 7].

Су сынамаларының талдауы. Соңынан изотопты белгінің аттестатталған белсенділігі бар ^{242}Pu енгізілген, көлемі 500 мл үлгідегі аликвоталарды іріктеп алу жүргізілді. Ар қарай $^{239+240}\text{Pu}$ радиохимиялық бөлінуі және оның судағы құрамын анықтау жүргізілді.

Өсімдік пен топырақ сынамаларының талдауы. Топырақ және өсімдік (шайылмаған) сынамаларындағы радионуклидтердің тиесілі белсенділігін өлшеу бойынша талдаулар стандартты әдістемелік нұсқауларға сәйкес тексерілген зертханалық аппаратурада жүргізілді. ^{241}Am радионуклидінің тиесілі белсенділігін анықтау Canberra GX-2020 гамма-спектрометрінде жүргізілді, $^{239+240}\text{Pu}$ радиохимиялық бөлінумен, соңынан Canberra альфа-спектрометрінде өлшеу арқылы анықталды. ^{241}Am бойынша анықтау шегі 0,3 Бк/кг (өсімдік сынамалары үшін) және 1 Бк/кг (топырақ сынамалары үшін), $^{239+240}\text{Pu}$ бойынша – 0,1 Бк/кг және тиісінше 1 Бк/кг құрады. ^{241}Am үшін өлшеулердің дәлсіздігі 10–20 %, $^{239+240}\text{Pu}$ – 30% асқан жоқ.

Тері ұлтасын дайындау. Теріні ашыту (шіріткіш бактерияларды дамыту) процесі үшін бөлмелік температурада зертхана жайында 7–8 күн ішінде ұстайды. Одан кейін жүн жамылғысын (бөліп алу), жүнді теріден тазарту жасалды. Тазартылған тері кірден, қаннан, лимфалардан, жүндес құрылымды жапсыратын нағыз теріден бөлме температурасындағы сумен жуылды. Жуылған тері тері астындағы май қабатынан, бұлшық ет қабатынан және теріасты жасұнықтан скальпель көмегімен тазартылды. Та-

зартудан соң тері дистилденген сумен 3 рет шайылып жуылды, кептіру үшін таза құрғақ дәке шытқа оралды. Сосын теріні 250 °C температурада 96 сағат ішінде кептіреді, содан соң ұсақтағышта ұсатады, ары қарай γ -спектрометрінде өлшеу үшін өлшенген стақанға салады.

Жүн жамылғысын (жүн) дайындау. 2-4 сағат ағымында қойдың жүнін жуатын құрал ерітіндісінде сулайды, сосын 20 минуттан ағын суда жуады, соңынан 2 рет дистилденген сумен шаяды. Одан соң 85 °C температурада кептіру шкафында кептіреді. Кептірілген соң жүн қажет болған жағдайда бөгде бөлшектерден тазартылады. Одан кейін жүнді толық жұмсаруы үшін құнарландырылған азот қышқылында ерітеді де дайын ерітіндіні γ -спектрометриялық талдауға жібереді.

«Жұмсақ» ұлпалар мен мүшелерді дайындау. Ішкі мүшелер мен бұлшықет ұлпасын мұқият паста тәріздес күйге дейін ұсақтайды, алдын ала өлшенген пластик стақанға салады да таразыда өлшейді және сынама массасын, үлгінің геометриялық параметрлерін (биіктік, диаметр) анықтайды және үлгіні γ -спектрометрде өлшейді. Биологиялық үлгілердің плутоний изотоптарының құрамын анықтауға радиохимиялық шіру процесі азот қышқылында шіріту, төзімді пеште жағу, күлді ерітіндіге ауыстыру арқылы жүргізілді. Алынған ерітіндіден әдістемеге сәйкес [3] плутоний изотоптарын мембраналық сүзгіште тұндыру жүргізілді және альфа-сәулеленуден алынған көздері әдістемеге сәйкес талданады [7].

Биосынамалардың гамма-спектрометриялық зерттеулері. Биологиялық нысандардың сынамаларындағы ^{241}Am гамма-сәулелендіруші радионуклидіннің құрамын анықтау үшін «Canberra» фирмасының планарлық (BE 2020) германий детекторы бар гамма-спектрометриялық қондырғылары пайдаланылды. Табу шектері дайындалған препараттың геометриясын, өлшеу уақытын ескере отырып есептелді және $< 0,2$ Бк/кг құрады.

Спектрометрлердің энергетикалық калибровкасы үшін стандартты γ -көздер жиынтығы (ОСГИ) пайдаланылды, геометриялардың калибровкасы үшін құрамында келесі радионуклидтер: ^{40}K , ^{137}Cs , ^{152}Eu , ^{232}Th , ^{241}Am бар белсенділіктің арнайы тағайындалған ауқымды өлшемі (OMACH) пайдаланылды.

Өлшеулер ҚР № 5.06.001.98 гамма-спектрометрінде [5] өлшеулерді орындау әдістемесіне сәйкес жүргізілді.

Биосынамалардың альфа-спектрометриялық зерттеулері. Биологиялық тектес (қойлардың мүшелері мен ұлпалары) сынамалардағы $^{239+240}\text{Pu}$ құрамын анықтау «Canberra» фирмасының «Alpha Analyst» альфа-спектрометрінде жүргізілді. 20 сынаманың ішіндегі қойлардың мүшелерінен дайындалған сынамаларда өлшеулер шегі $^{239+240}\text{Pu}$ бойынша $< 0,1$ Бк/кг құрады.

Өсімдік тектес шөптегі, судағы және топырақтағы радионуклидтердің құрамын бағалау. Өсімдік тектес шөптегі радионуклидтердің шоғырлануын бағалау үшін әр апта ішінде күн сайын радиоактивті-ластанған шөптің тәуліктік массасынан 300 г өсімдіктен іріктеп алынып отырды, бұдан радионуклидтік құрамы анықталатын, массасы 2,1 кг (300 г $\times$ 7 күн) өсімдік сынамасы қалыптасты. Өсімдіктер радиохимиялық талдауға жіберіліп, жуылмай талданды. Қорытындысында тәжірибенің әр апталық кезеңі (16 апта) үшін өсімдік тектес шөптегі радионуклидтердің құрамы бойынша нәтижелер алынды (2-кесте).

Тәжірибелік жануарларды азықтандыру үшін пайдаланылатын өсімдіктердегі радионуклидтердің құрамы

№	Радионуклидтердің тиесілі белсенділігі, Бк/кг	
	²⁴¹ Am	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu
1	<1,4	20±2
2	11±4	26±2
3	<1,4	25±3
4	<1,2	7±2
5	<1,3	0,5±0,2
6	<1,2	0,8±0,2
7	<1,2	5±1
8	<1,2	30±10
9	5±2,5	8±1
10	<1,2	5±1
11	<1,4	6±1
12	<1,3	40±8
13	<1,3	4±1
14	<1,2	10±1
15	12±2	0,9±0,4
16	<1,2	20±2
Орташа	2,8	13

Өсімдік тектес шөптегі ²³⁹⁺²⁴⁰Pu тиесілі белсенділігі 0,5 – 30 Бк/кг шектерінде өзгерді (2-кесте).

Тәжірибенің апталық кезеңін сипаттайтын өсімдік сынамалары негізінде әр жануар үшін апталық динамикасын ескере отырып, орташатаулықтық түсуі есептелді (4-кесте).

Барлық сынамалардағы ²⁴¹Am белсенділігі 1,4 Бк/кг аз болды, тек үш сынамада ғана 5, 11 және 12 Бк/кг-ны құрады. Орташа арифметикалық мәнді есептеу кезінде төменгі табу шегі маңызды нәтиже ретінде қабылданды. Сонымен, орташа арифметикалық мән 2,8 Бк/кг-ны құрады.

№177 штольнядан ағатын барлық су сынамаларындағы ²⁴¹Am тиесілі белсенділігі 1,5 Бк/кг аз, ²³⁹⁺²⁴⁰Pu –<0,001–2,14 Бк/кг шектерінде. Орташа арифметикалық мән 0,8 Бк/кг-ны құрады (3-кесте).

Тәжірибелік жануарлардың мәзірінде пайдаланылатын су мен топырақтағы радионуклидтердің құрамы

№	Радионуклидтердің тиесілі белсенділігі, Бк/кг			
	²⁴¹ Am	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	²⁴¹ Am	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu
	су		топырақ	
1	<1,5	2,14±0,26	900±30	11650±185
2	<1,5	0,08±0,03	1080±30	10000±150
3	<1,5	0,14±0,001	870±30	16200±90
Орташа	<1,5	0,8	950	12550

Топырақ сынамаларының γ -спектрометриялық және радиохимиялық талдау нәтижелері ^{241}Am және $^{239+240}\text{Pu}$ радионуклидтерінің тиесілі белсенділігі, орташа алғанда, 950 және тиісінше 12600 Бк/кг құрайтынын көрсетті (3-кесте).

Тәжірибелік жануарлардың ағзасына радионуклидтердің орташатәуліктік түсуін бағалау

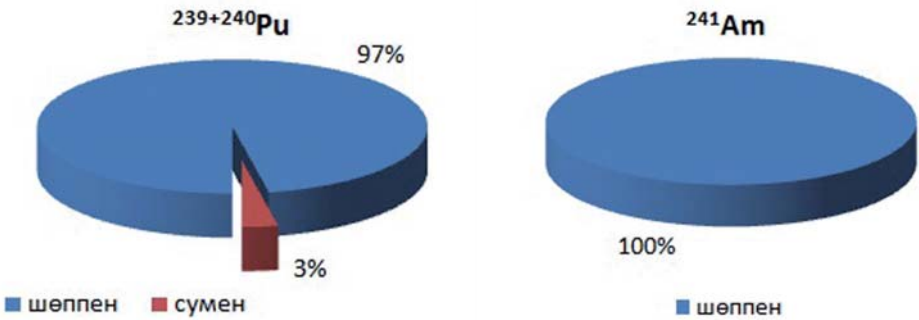
Өсімдіктердегі, су және топырақтағы радионуклидтердің шоғырлануы туралы деректер негізін жануарлардың ағзасына радионуклидтердің орташатәуліктік түсуі есептелді. 4-кестеде 1 және 2-топ жануарларының ағзасына радионуклидтердің орташатәуліктік түсуі ұсынылған.

4-Кесте.

№1 топ және №2 топтағы радионуклидтердің тәуліктік түсуі

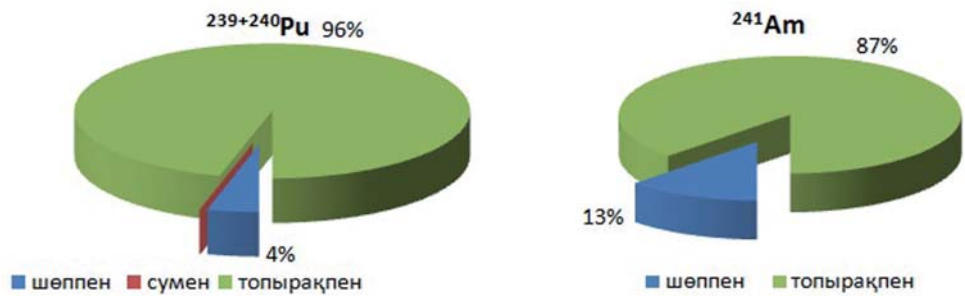
$^{239+240}\text{Pu}$ түсуі, Бк	Тәжірибе мерзімі, тәулік									
	1 топ					2 топ				
	7	14	28	56	112	7	14	28	56	112
Сумен тәуліктік түсуі	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Шөппен тәуліктік түсуі	60,0	69,0	58,5	42,9	39,0	60,0	69,0	58,5	42,9	39,0
Топырақпен тәуліктік түсуі	-	-	-	-	-	627,5	627,5	627,5	627,5	627,5
Орташатәуліктік түсуі	60,8	69,8	59,3	43,7	39,8	688,3	697,3	686,8	671,2	667,3
^{241}Am түсуі, Бк	Тәжірибе мерзімі, тәулік									
	1 топ					2 топ				
	7	14	28	56	112	7	14	28	56	112
Сумен тәуліктік түсуі	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5
Шөппен тәуліктік түсуі	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4
Топырақпен тәуліктік түсуі	-	-	-	-	-	50	50	50	50	50
Орташатәуліктік түсуі	8,4					58,4				

Сонымен, 1-топ қойларының ағзасына радионуклидтердің тәуліктік түсуін есептеу негізінде $^{239+240}\text{Pu}$ негізгі үлесі өсімдік тектес шөппен түседі деп қорытынды жасауға болады. Судың үлесі 3 % аспайды (2-сурет).



2-Сурет. 1-топқа радионуклидтердің тәуліктік түсуіне су, шөп және топырақтың үлесі

2-топ қойларының ағзасына радионуклидтердің тәуліктік түсуін есептеу негізінде $^{239+240}\text{Pu}$ және ^{241}Am негізгі үлесінің топырақпен түсетіні анықталды, ал радионуклидтердің тәуліктік түсуіне шөп пен судың үлесі 13 % аспайды (3-сурет).



2. НӘТИЖЕЛЕР ЖӘНЕ ТАЛҚЫЛАУ

2.1. $^{239+240}\text{Pu}$ қойлардың ағзасына өту ерекшеліктерін зерттеу

Тәжірибелік жануарлардың ағзасындағы $^{239+240}\text{Pu}$ құрамы. 5-кестеде қойлардың мүшелері мен ұлпаларында $^{239+240}\text{Pu}$ қоршаған ортаның әр түрлі құрауыштарымен түсуі кезіндегі тиесілі белсенділігінің деректері ұсынылған.

5-Кесте.

Қойлардың мүшелері мен ұлпаларында $^{239+240}\text{Pu}$ түрлі мерзімде қоршаған ортаның әр түрлі құрауыштарымен түсуі кезіндегі тиесілі белсенділігі

Мүшелер мен ұлпалар	Шөппен және сүмен орташатәуліктік түсуі кезінде (1-топ)					Шөппен, сүмен және топырақпен орташатәуліктік түсуі кезінде (2-топ)				
	Қорада ұстау күнінің саны, тәулік					Қорада ұстау күнінің саны, тәулік				
	7	14	28	56	112	7	14	28	56	112
	Мүшелердегі $^{239+240}\text{Pu}$ тиесілі белсенділігі, Бк/кг									
жүрек	< 0,019	< 0,013	< 0,015	< 0,024	0,0220	< 0,014	0,0380	< 0,015	0,0140	0,0120
бауыр	< 0,007	0,0130	0,1120	-	0,1390	0,0900	0,3670	0,4600	0,9090	-
бүйрек	< 0,028	< 0,023	< 0,024	0,0580	0,0740	0,0490	0,1330	0,0910	0,1380	0,1210
өкпе	0,0170	< 0,007	-	0,0260	0,0110	0,0230	-	0,0230	0,0300	0,0430
көк бауыр	< 0,022	< 0,096	< 0,065	< 0,071	0,0650	< 0,033	0,0790	< 0,035	0,0720	0,2570
бұлшықет	< 0,0048	0,0051	0,0069	0,0070	0,0031	0,0049	0,0125	0,0084	0,0162	0,0025
тері	0,1560	0,0550	0,0440	0,0500	0,0850	0,2390	0,1860	0,2590	0,0650	0,2220
жүн	0,6000	0,6900	0,1100	0,2700	0,4900	1,3600	2,1900	2,0	1,99	2,20
Ескерту: өлшеудегі дәлсіздік 30 % көп емес										

$^{239+240}\text{Pu}$ аса жоғары тиесілі белсенділігі азықтандыру мерзімі мен мәзір құрауышына қарамастан жүнде байқалған. Күткеніміздей, зерттеу нәтижелері бойынша

«жұмсақ» мүшелердегі $^{239+240}\text{Pu}$ негізгі шоғырлануы бауырда тіркелген. Бауырмен салыстырғандағы басқа мүшелердің белсенділігі 2–3 рет аз.

Қойлардың ағзасындағы $^{239+240}\text{Pu}$ таралуы. Радионуклидтердің максималды шоғырлануы жүн ұлпасында тіркелген. Әр топ шектеріндегі $^{239+240}\text{Pu}$ радионуклидінің тиесілі белсенділігінің жеткілікті бірдей мәндері жүннің сапасыз жуылу мүмкіндігіне жол бермейді. Әр топтағы тәжірибелік жануарлардың барлығы үшін байқалған жүн ұлпасындағы $^{239+240}\text{Pu}$ радионуклидінің максималды құрамы $^{239+240}\text{Pu}$ радионуклидінің жүнде бар болуы немесе жоқ болуы бойынша басқа ұлпаларда болуына бағалау болжамын жасаудың мүмкіндігі туралы айтады. Бұл кезде үлгілерді іріктеп алу үшін малды сою қажеттілігі жойылады. Жүндегі тиесілі белсенділіктің ұлпалар мен мүшелердегі тиесілі белсенділікке қатынасы осы мүмкіндікті жақсы көрсетеді. 6-кестеде жүндегі тиесілі белсенділіктің тәжірибелік жануарлардың ұлпалары мен мүшелеріндегі тиесілі белсенділікке қатынастарының орташа мәндері келтірілген.

6-Кесте.

Жүндегі тиесілі белсенділіктің ұлпалар мен мүшелердегі тиесілі белсенділікке қатынасы

Мүшенің немесе ұлпаның түрі	Жүндегі тиесілі белсенділік/ ұлпалар мен мүшелердегі тиесілі белсенділік
жүрек	75,0
бауыр	11,3
бүйрек	10,2
өкпе	41,3
көк бауыр	14,4
бұлшықет	187,8
тері	9,1

112 тәуліктен кейін тәуліктік түсуінен пайызбен берілген ұлпалар мен мүшелердегі салыстырмалы шоғырландыру түрінде берілген шөппен және сумен түсуінен соң қойлардың мүшелері мен ұлпаларындағы $^{239+240}\text{Pu}$ таралуы 7-кестеде берілген.

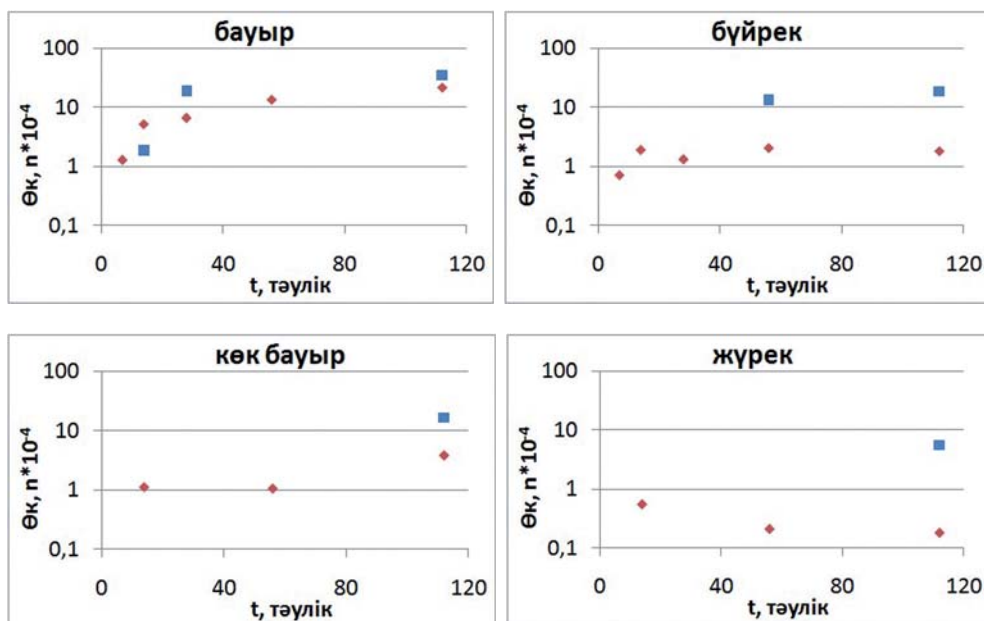
7-Кесте.

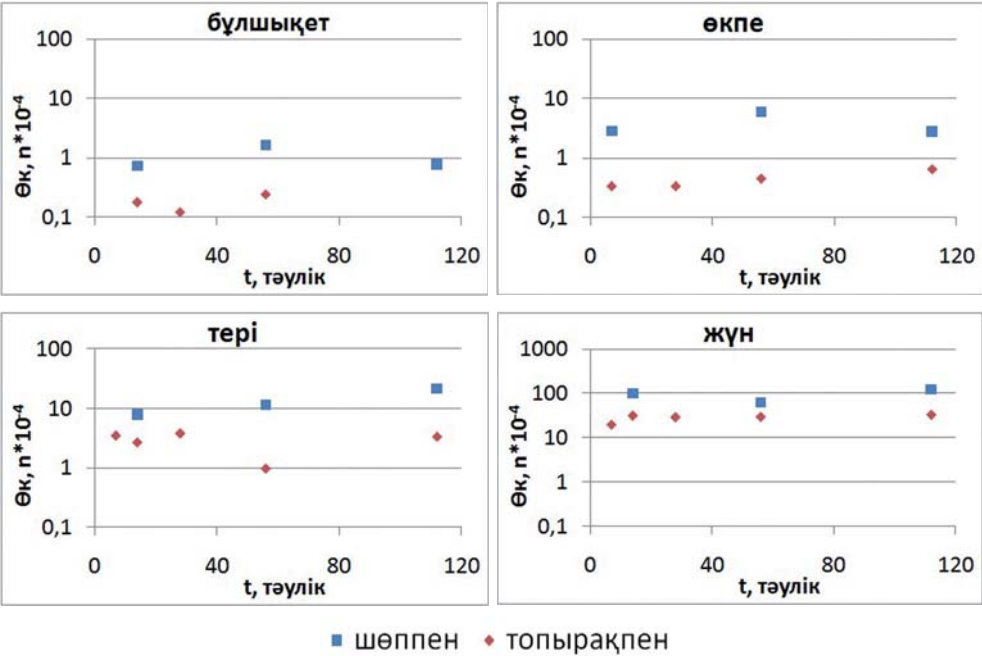
Тәуліктік түсуінен пайызбен берілген түсудің 112 тәуліктен соң қойлардың мүшелері мен ұлпаларындағы $^{239+240}\text{Pu}$ таралуы

Мүшелер мен ұлпалар	Мүшелер мен ұлпалардағы $^{239+240}\text{Pu}$ салыстырмалы шоғырлануы, %		1 топтағы $^{239+240}\text{Pu}$ салыстырмалы шоғырлануы / 2 топтағы $^{239+240}\text{Pu}$ салыстырмалы шоғырлануы
	Шөппен және сумен түсуі кезінде (1 топ)	Шөппен, сумен және топырақпен түсуі кезінде (2 топ)	
жүрек	0,055	0,002	27,5
бауыр	0,349	-	-
бүйрек	0,186	0,018	10,3
өкпе	0,028	0,006	4,7
көк бауыр	0,163	0,039	4,2
бұлшықет	0,008	0,0004	20
тері	0,214	0,033	6,5
жүн	1,231	0,330	3,7
орташа	0,25	0,053	11

7-кестеде берілген деректер және $^{239+240}\text{Pu}$ салыстырмалы шоғырлануына шөппен және сумен түсуі кезіндегі $^{239+240}\text{Pu}$ салыстырмалы шоғырлану қатынастары шөппен және сумен түскен $^{239+240}\text{Pu}$ топырақпен түсетін $^{239+240}\text{Pu}$ қарағанда орташа алғанда 1 есеге жақсырақ сіңіріледі. Мүмкін, бұл өсімдіктерде қозғалмалы немесе ауыспалы, яғни өсімдіктер үшін жеңіл қол жетімді, сол себепті жеңіл сіңірілетін формалардағы $^{239+240}\text{Pu}$ бар екендігіне байланысты шығар. Орташатәуліктік түсуді есептеу кезінде ескерілетіні, тіркелген $^{239+240}\text{Pu}$ топырақтағы негізгі пайызы тығыз байланысқан, яғни өсімдіктер үшін қол жетімсіз формада болуы мүмкін. Топырақпен түсетін $^{239+240}\text{Pu}$ ауысуының төмен пайызы осымен байланысты болуы мүмкін.

Түсудің түрлі жағдайлары мен әр түрлі мерзімдері кезіндегі $^{239+240}\text{Pu}$ ауысуының ерекшеліктері. 4-суретте $^{239+240}\text{Pu}$ тері, жүн немесе бұлшықет ұлпаларына, «Дегелен» ТСА штольняларындағы ағын сулары экожүйелерінің қоршаған ортасының түрлі құрауыштарымен азықтандырылған 1 және 2-топ қойларының бауыр, өкпе, бүйрек, жүрек, көк бауырына өту коэффициенті (Өк) берілген. Тәжірибе нәтижелері $^{239+240}\text{Pu}$ қойлардың ағзасына қоршаған ортаның түрлі құрауыштарымен күнделікті ұзақ уақыт түсуі жағдайында мүшелердегі $^{239+240}\text{Pu}$ шоғырлануы ұлғаймайды, және жинақталу процесінің түсу мерзімдеріне байланысты еместігін көрсетті. Тек $^{239+240}\text{Pu}$ аса ерте мерзімде өтуі оның тепе-теңдік жағдайына дейін жинақталу қарқынының ары қарайғы төмендеуімен қарқынды өтетін бауырда ғана оң жинақталу динамикасы байқалды (4-сурет).





4-Сурет. Қойлардың мүшелері мен ұлпаларына $^{239+240}\text{Pu}$ өту динамикасы (1 және 2-топтар)

Зерттеулер барысында алынған $^{239+240}\text{Pu}$ өту коэффициенттерінің диапазоны және олардың орташа мәндері 8-кестеде ұсынылған.

8-Кесте.

Тәжірибелік жануарлардың ұлпалары мен мүшелеріне $^{239+240}\text{Pu}$ өту коэффициенттері

Мүшелер мен ұлпалар	Шөппен және сумен түсуі кезінде, $\times 10^{-3}$				Шөппен, сумен және топырақпен түсуі кезінде, $\times 10^{-3}$			
	max	min	Барлық мәндер	орташа	max	min	Барлық мәндер	орташа
жүрек	0,55		1	0,55	0,05	0,02	3	0,03
бауыр	3,49	0,19	3	1,85	1,35	0,13	4	0,67
бүйрек	1,86	1,33	2	1,59	0,21	0,07	5	0,16
өкпе	0,59	0,28	3	0,38	0,06	0,03	4	0,04
көк бауыр	1,63		1	1,63	0,39	0,11	3	0,20
бұлшықет ұлпасы	0,16	0,07	4	0,11	0,02	0,004	5	0,01
тері	2,57	0,74	5	1,48	0,38	0,10	5	0,28
жүн	12,3	1,86	5	8,02	3,30	1,98	5	2,86

$^{239+240}\text{Pu}$ қой шаруашылығы өнімдерімен болжамды түсуін бағалау кезінде бауыр катерлі мүше болып табылуы мүмкін, бұны қойлардың тәуліктік мәзіріндегі аталған радионуклидтердің құрамын реттеу кезінде ескеру қажет.

Біздің зерттеулерімізде 2-топ жануарларының ұлпалары мен мүшелерінің жалпы белсенділігін келесі түрде есептеуге болады:

$$A_{\text{мүше}} = C_{\text{жсем-шөп}} \times \Theta_{\text{жсем-шөп}} + C_{\text{топырақ}} \times \Theta_{\text{топырақ}} \quad (1)$$

мұндағы $A_{\text{мүше}}$ – мүше немесе ұлпаның белсенділігі; $C_{\text{шөп}}$ – мәзірмен орташатәуліктік түсуі; $\Theta_{\text{шөп}}$ – шөптен өту коэффициенті; $C_{\text{топырақ}}$ – топырақпен орташатәуліктік түсуі; $\Theta_{\text{топырақ}}$ – топырақтан өту коэффициенті.

Өрнекке сүйене отырып (1), зерттеулер барысында алынған деректерді пайдаланып, жануарлардың ұлпасы мен мүшелеріне $\Theta_{\text{к}}$ келесі қатынастар бойынша есептеуге болады:

$$\Theta_{\text{топырақ}} = \frac{A_{\text{мүше}} - K_{\text{мүше}} \times \Theta_{\text{шөп}}}{C_{\text{топырақ}}} \quad (2)$$

Осы тұжырымдамалардан соң радионуклидтердің $\Theta_{\text{к}}$ келесі мәндері алынды (9-кесте).

9-Кесте.

²³⁹⁺²⁴⁰Pu топырақтан 2 топтағы тәжірибелік жануарлардың ұлпалары мен мүшелеріне өтуін бағалау коэффициенттері

Мүшелер мен ұлпалар	Шөппен және сумен түсуі кезіндегі орташа $\Theta_{\text{к}}$, $\times 10^{-3}$	Топырақпен түсуі кезіндегі бағалау $\Theta_{\text{к}}$, $\times 10^{-3}$
жүрек	0,55	-
бауыр	1,85	0,54
бүйрек	1,59	0,059
өкпе	0,38	0,02
көк бауыр	1,63	0,10
бұлшықет ұлпасы	0,11	0,005
тері	1,48	0,17
жүн	8,02	2,22

2 топтың жануарларының ұлпалары мен мүшелеріне топырақтан $\Theta_{\text{к}}$ алынған бағалауы шөппен және сумен радионуклидтердің орташа $\Theta_{\text{к}}$ 1-2 есеге аз, бұны радионуклидтердің радиоактивті-ластанған аумақтарда алынуы кезінде ауыл шаруашылық өнімдеріндегі болжамды шоғырлануына бағалау жүргізу кезінде ескеру қажет.

2.2. Қойлардың ағзасына ²⁴¹Am өту ерекшеліктерін зерттеу

Тәжірибелік жануарлар ағзасындағы ²⁴¹Am құрамы. 10-кестеде қоршаған ортаның түрлі құрауыштарымен ²⁴¹Am түсуінің әр түрлі мерзімдері кезіндегі қойлардың мүшелерінің тиесілі белсенділігі бойынша деректер ұсынылған.

10-Кесте.

Қоршаған ортаның түрлі құрауыштарымен түсуінің әр түрлі мерзімдері кезіндегі қойлардың ұлпалары мен мүшелеріндегі ²⁴¹Am тиесілі белсенділігі

Мүшелер мен ұлпалар	Шөппен және сумен орташатаулықтік түсуі 8,4 Бк/кг					Шөппен, сумен және топырақпен орташатаулықтік түсуі 58,4 Бк/кг				
	азықтандыру күндерінің саны, тәулік					азықтандыру күндерінің саны, тәулік				
	7	14	28	56	112	7	14	28	56	112
	Мүшелердің белсенділіктері, Бк/кг									
жүрек	< 0,36	< 0,19	0,46	< 0,23	< 0,21	0,42	0,34	0,54	0,32	< 0,27
бауыр	< 0,38	жоқ	< 0,28	0,58	< 0,28	< 0,21	< 0,34	0,56	< 0,26	0,42
бүйрек	< 0,43	< 0,21	< 0,23	< 0,25	< 0,27	0,56	0,57	< 0,24	< 0,25	< 0,32
өкпе	< 0,39	жоқ	0,32	< 0,27	0,30	жоқ	0,45	0,29	< 0,28	< 0,30
көк бауыр	0,48	< 0,56	0,74	< 0,41	< 0,46	< 0,30	0,68	0,32	0,29	< 0,51
бұлшықет	< 0,42	жоқ	< 0,26	< 0,26	0,32	0,33	< 0,25	< 0,23	< 0,27	< 0,24
тері	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
жүн	жоқ	жоқ	жоқ	жоқ	жоқ	жоқ	жоқ	жоқ	жоқ	жоқ

Көптеген жағдайларда мүшелер мен бұлшықет ұлпаларындағы ²⁴¹Am тиесілі белсенділігі табу шегінен төмен болды. ²⁴¹Am сақталатын қандай да бір мүше анықталған жоқ, бұл ағзаға түскен радионуклидтің төмен шоғырлануларына байланысты. Нәтижелер талдауы тіркелген сандық мәндердің аппаратураның дәлсіздігіне байланысты екендігін көрсетеді. Сонымен, қолда бар деректер қойлардың ұлпалары мен мүшелеріндегі ²⁴¹Am тек максималды болжамды Өк бағалауға мүмкіндік береді. Қойлардың мүшелері мен ұлпаларына ²⁴¹Am бағалаулық Өк 11-кестеде ұсынылған.

11-Кесте.

Қойлардың мүшелері мен ұлпаларына ²⁴¹Am бағалаулық өту коэффициенттері

Мүшелер мен ұлпалар	Шөппен және сумен түсуі кезінде, $\times 10^{-3}$		Шөппен, сумен және топырақпен түсуі кезінде, $\times 10^{-3}$	
	Өк	Барлық мәндер	Өк	Барлық мәндер
жүрек	<54,8	5	<9,3	5
бауыр	<69,1	4	<9,6	5
бүйрек	-*	-	<9,8	4
өкпе	<38,1	5	<7,7	5
көк бауыр	<88,1	4	<11,6	5
Бұлшықет ұлпасы	<38,1	5	<5,7	5

Ескерту: «-» деректер жоқ

2.3. Қойлардың мәзіріндегі трансуранды радионуклидтердің рауалы құрамын бағалау

²³⁹⁺²⁴⁰Pu және ²⁴¹Am радионуклидтерінің өтуін сипаттайтын алынған мөлшерлер негізінде осы радионуклидтердің мәзірмен рауалы тәуліктік түсуін есептеуге болады.

Алайда азық-түлік өнімдеріндегі бұл радионуклидтер құрамының рауалы деңгейлері бірде бір құжатпен реттелмеген. $^{239+240}\text{Pu}$ және ^{241}Am радионуклидтерінің құрамы азық-түлік өнімдерінде нормаланбайды, РКН-99 (Қосымша П-2) тұрғындарға тағаммен жылдық түсу шегі ^{90}Sr ($^{239+240}\text{Pu}$ – $2,4 \cdot 10^3$ Бк/жыл, ^{241}Am – $2,7 \cdot 10^3$ Бк/жыл, ^{90}Sr – $1,3 \cdot 10^4$ Бк/жыл) үшін ұқсас мөлшерден бір ретке аз және олардың жоғары радиоуыттылығын ескере отырып, олар бойынша рауалы деңгейлер ^{90}Sr бойынша дерекке қарағанда бір есеге аз екендігін болжауға болады [8]. Сонымен, СанЕж/еН 4.01.071.03 сәйкес [9] сәйкес үй жануарларының етіндегі ^{90}Sr рауалы құрамы 50 Бк/кг. Яғни, үй жануарларының етіндегі $^{239+240}\text{Pu}$ және ^{241}Am рауалы құрамы үшін 5 Бк/кг қабылдауға болады. Бұл мөлшерді басқа да ішкі мүшелер (бауыр, бүйрек және т.б.) үшін де қабылдауға болады.

Қойлардың мәзіріндегі радионуклидтер құрамының шегін (ҚШГ) арақатынастан анықтауға болады:

$$\text{ҚШГ} = \text{РТБ} / \text{Өк}, \quad (3)$$

мұндағы РТБ – ауыл шаруашылық өніміндегі радионуклидтің рауалы тиесілі белсенділігі; Өк – радионуклидтердің өту коэффициенті.

Бауыр тағамға пайдаланылатын ұлпалар мен мүшелерге қатысты қатерлі мүше болып табылатындықтан, есепте радионуклидтердің максималды мәзірден бауырға Өк пайдаланылады. $^{239+240}\text{Pu}$ үшін бауырға Өк $3,5 \cdot 10^3$, ^{241}Am үшін – $<6,9 \cdot 10^{-2}$ құрайды.

Келтірілген деректерден шығатыны, ұзақ уақыт азықтандыру кезіндегі тәуліктік мәзірдегі трансуранды радионуклидтер құрамының рауалы деңгейлері: $^{239+240}\text{Pu}$ үшін – 1430 Бк/тәулік, ^{241}Am үшін – <72 Бк/тәулік құрайды. Бұл жайылымның аталған типіндегі өсімдік азығын тұтыну нормасы кезінде 3 кг-да өсімдіктердегі тиесілі белсенділігі $^{239+240}\text{Pu}$ үшін 476,6 Бк/кг және ^{241}Am үшін 24 Бк/кг аспауға тиіс екендігін білдіреді.

Тұтасымен алғанда, егер бауырды қатерлі мүше ретінде қабылдасак, өнімнің әр түрін нормаларға сәйкес алу үшін тәуліктік мәзірдегі радионуклидтердің құрамын бағалауға болады (12-кесте). Сондай-ақ радионуклидтердің бұрын «Дегелең» алаңының аралас шөптері үшін есептелген [10] өту коэффициенттері есептелген рауалы тиесілі белсенділігі негізінде жоғарылауы қой шаруашылығы өніміндегі нормаларға әкелетін шабындық типтес жайылымдар үшін топырақтың рауалы тиесілі белсенділігін оңай есептеуге болады (12-кесте).

12-Кесте.

Өнімнің әр түрлі түрлері үшін қойлардың мәзіріндегі радионуклидтер құрамының рауалы мәндері

	рауалы деңгейлер					
	қойлардың мәзіріндегі радионуклидтердің белсенділігі, Бк/тәулік		өсімдіктердің тиесілі белсенділігі, Бк/кг		жайылым топырағының тиесілі белсенділігі, Бк/кг	
Мүше түрі	$^{239+240}\text{Pu}$	^{241}Am	$^{239+240}\text{Pu}$	^{241}Am	$^{239+240}\text{Pu}$	^{241}Am
жүрек	9050	<91	3020	30	$5,46 \cdot 10^6$	$<5,56 \cdot 10^2$
бауыр	1430	<72	480	25	$1,37 \cdot 10^5$	$<3,50 \cdot 10^2$
бүйрек	2690	<520	896	170	$4,82 \cdot 10^5$	$<1,78 \cdot 10^4$

	рауалы деңгейлер					
	қойлардың мәзіріндегі радионуклидтердің белсенділігі, Бк/тәулік		өсімдіктердің тиесілі белсенділігі, Бк/кг		жайылым топырағының тиесілі белсенділігі, Бк/кг	
өкпе	8400	<130	2800	43	$4,71 \cdot 10^6$	$<1,15 \cdot 10^3$
көк бауыр	3060	<60	1020	20	$6,25 \cdot 10^5$	$<2,15 \cdot 10^2$
бұлшықет	31200	<130	10400	43	$6,49 \cdot 10^7$	$<1,15 \cdot 10^3$

Кестеде тағамға қолданылатын барлық мүшелер үшін нәтижелер келтірілген, алайда, бұрын айтылғандай, бауыр катерлі мүше болып табылады, сондықтан бауыр үшін алынған нәтижелерді пайдалану қажет.

12-кестеде келтірілген топырақтағы тиесілі белсенділік мәндері ядролық қару сынақтарын тікелей жүргізу орындарында оқшауланған. Бұл «Тәжірибе даласы» сынақ алаңының «П-2», «П-7» технологиялық алаңдары, «Дегелең» алаңының су шыққан штольняларының сағаалды телімдері. Сонымен, «Дегелең» алаңы аумағының маңында жау кезінде (радиоактивті-ластанған суағындарына рұқсатқа тыйым жағдайында) және тіпті оның шегінде $^{239+240}\text{Pu}$ және ^{241}Am трансуранды элементтер құрамын бақылаусыз қойларды бағу мүмкін нәрсе.

ҚОРЫТЫНДЫ

- Жүн мата $^{239+240}\text{Pu}$ сақтайтын негізгі ұлпа болып табылатыны анықталған. Ішкі мүшелердің арасында аса көп шоғырланулар бауыр үшін байқалған. Басқа мүшелердің белсенділігі бауырмен салыстырғанда 2–3 есе аз.
- Қоршаған ортаның түрлі құрауыштарымен $^{239+240}\text{Pu}$ қойлардың ағзасына ұзақ уақыт күнделікті түсуі жағдайында терідегі, жүн, жүрек, бүйрек, бауыр, көк бауыр және бұлшықет ұлпасындағы $^{239+240}\text{Pu}$ шоғырлануы ұлғаймайтынын және жинақталу процесінің түсу мерзіміне байланысты еместігін көрсетті. $^{239+240}\text{Pu}$ жинақталу процесі тек бауырда ғана байқалады.
- Шөппен және сумен радионуклидтердің орташа Өк 1–2 есеге аз 2-топ жануарларының ұлпасы мен мүшелеріне топырақтан бағалау Өк алынды, бұны радиоактивті-ластанған аумақта алу кезіндегі ауыл шаруашылық өнімдерінде радионуклидтердің қажетті шоғырлануын бағалау жүргізу кезінде ескеру қажет.
- Топырақпен түсетін трансуранды радионуклидтер шөппен түскендегіге қарағанда аз сіңіріледі.
- Малдарды союдан басқа жүндерде болуы бойынша қой шаруашылығы өнімдерінде $^{239+240}\text{Pu}$ бар болуын бақылау мүмкіндігі бекітілген.
- Қойлардың тәуліктік мәзірінде $^{239+240}\text{Pu}$ және ^{241}Am рауалы құрамы есептелген, бұл жайылымның ықтимал телімдердің өсімдіктері мен топырақтарындағы радионуклидтердің тәуліктік рауалы тиесілі белсенділігі. Алынған мәндер қой шаруашылығы өнімдеріндегі $^{239+240}\text{Pu}$ және ^{241}Am құрамын бақыламай-ақ «Дегелең» алаңына іргелес аумақтарда қой жау мүмкін екендігін көрсетеді.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Quantification of radionuclide transfer in terrestrial and freshwater environments for radiological assessments, IAEA – TECDOC–1616, IAEA, Vienna (2009)
2. Ахметов М.А., Артемьев О.И., Птицкая Л.Д. Семей сынақ полигонының Дегелең таулы массивіндегі реабилитация мәселелері және ағын сулардың радиациялық мониторингі. // Қазақстан Республикасы Ұлттық ядролық орталығының Жаршысы, "Радиоэкология. Қоршаған ортаны қорғау". – 2000. 3- Шығарылым (9). б.23-28
3. ҚР ҰЯО Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының ғылыми-техникалық қызметі жайлы есебі, «ҚР аумағындағы радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету» республикалық бюджеттік бағдарлама бойынша орындалған 1-Тапсырма, 2009 ж. «ССП аумағындағы және жақын жатқан аумақтағы шаруашылық қызметтің мониторингі» 1.2-Міндет.– 12 б.
4. Овсянников А.И. Мал шаруашылығындағы тәжірибелік істер негіздері // А.И. Овсянников – М.: Колос, 1976. – 304 б.
5. Радионуклидтердің көлемді үлгілердегі белсенділігі. Гамма – спектрометрдегі өлшеулерді орындаудың әдістемесі: МИ 2143-91. - Кіріспе. 1998-06-02. - Тіркеу № 5.06.001.98. – М.: НПО ВНИИФТРИ, 1991. - 17 б.
6. Қоршаған орта нысандарындағы радиоактивті заттектердің құрамын санитарлық бақылау бойынша әдістемелік ұсыныстар. - Кіріспе. 1999. - Тіркеу №5.05.008.99.
7. СТП 17.66-92. Плутоний-238,239,240. Топырақ сынақтарынан бөлінудің және альфа – спектрометриялық өлшеулер үшін аспаптарды дайындаудың радиохимиялық әдістемесі. Кәсіпорынның стандарты. Өзірлемелердің сапасын басқарудың кешенді жүйесі. Кіріспе. 1993-01-02. – Санкт-Петербург: « В.Г.Хлопин ат. Радий институты» ФӨБ, 1993. – 10 б.
8. Мемлекеттік санитарлық-эпидемиологиялық ережелер мен нормативтер Радиациялық қауіпсіздік нормалары (РҚН-99). СП 2.6.1.758-99. Ресми басылым. – Алматы, 2000.-80 б.
9. Санитарлық ережелер мен нормалар №4.01.071.03 «Қауіпсіздік және азық-түлік өнімдерінің тағамдық құндылығына гигиеналық талаптар». Қазақстан Республикасы денсаулық сақтау министрінің 2003 жылғы 11 маусымдағы №447 бұйрығымен бекітілген.
10. Қазақстан радиоэкологиясының өзекті мәселелері [Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының 2007–2009 жж. еңбектер жинағы.] / Лукашенко С.Н. басшылығымен– 2-шығарылым. – Павлодар: Баспа үйі, 2010. – Б. 301-320: суреттер - Библиогр.: б. 224-231 - ISBN 978-601-7112-28-8.

**ТРАНСУРАНОВЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ОРГАНИЗМЕ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ ПРИ ИХ РАЗВЕДЕНИИ
В УСЛОВИЯХ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ «ДЕГЕЛЕН»**

¹Паницкий А.В., ¹Байгазинов Ж.А., ¹Лукашенко С.Н., ²Коваль А.П.

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

²Институт ядерной физики НЯЦ РК, Алматы, Казахстан

В статье представлены результаты натурных исследований с овцами, проведенных на радиоактивно-загрязненной территории площадки «Дегелен» бывшего Семипалатинского испытательного полигона (СИП). В результате работ определен характер распределения трансурановых радионуклидов в организме исследуемых животных. Получены коэффициенты перехода ^{241}Am и $^{239+240}\text{Pu}$ в продукцию животноводства (баранину), необходимые для прогноза концентраций этих радионуклидов при оценке возможности передачи территорий СИП в хозяйственное пользование.

Ключевые слова: коэффициент перехода (Кп), овцы, сельскохозяйственная продукция, кумыс, Семипалатинский испытательный полигон (СИП), трансурановые элементы, плутоний – $^{239+240}\text{Pu}$ ($^{239+240}\text{Pu}$), америций-241 (^{241}Am).

**TRANSURANIC ELEMENTS IN THE BODIES OF FARM ANIMALS AT
BREEDING THEM IN CONDITIONS OF "DEGELEN" TESTING SITE**

¹A.V. Panitskiy, Zh. ¹A. Baigazinov, ¹S. N. Lukashenko, ²A. V. Koval.

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

²Institute of Nuclear Physics NNC RK, Almaty, Kazakhstan

The article presents results of field experiments on sheep performed at radioactively contaminated territory of "Degelen" testing site of the former Semipalatinsk Test Site (STS). The research determined nature of distribution of transuranic radionuclides in the bodies of animals studied. There were obtained transfer coefficients of ^{241}Am and $^{239+240}\text{Pu}$ into animal products (mutton), needed to predict concentrations of these radionuclides when assessing the feasibility of releasing the STS territory for economic use.

Key words: transfer coefficient (Kn), sheep, farm products, koumiss, the Semipalatinsk Test Site (STS), transuranic elements, plutonium-239+240 ($^{239+240}\text{Pu}$), americium-241 (^{241}Am).

УДК577.4:504.064:551.49:539.16

«БАЛАПАН» СЫНАҚ АЛАҢЫНЫҢ ШЕГІНЕН ТЫС ЖЕРЛЕРГЕ ТЕХНОГЕНДІ РАДИОНУКЛИДТЕРДІҢ ЖЫЛЫСТАУ ЖОЛДАРЫН АНЫҚТАУ

**¹С.Б.Субботин, ¹С.Н.Лукашенко, ¹В.В.Романенко, ¹В.В.Каширский,
²Е.Ю.Пестов, ²Л.В.Бахтин, ³Э.М.Горбунова, ⁴К.И.Кузеванов**

**¹ҚР ҰЯО Радиациялық қауіпсіздік және экология институты,
Курчатов қ., Қазақстан**

¹ҚР ҰЯО Геофизикалық зерттеулер институты, Курчатов қ., Қазақстан

²РГА Геосфера динамикасы институты, Мәскеу қ., Ресей

³Геология және мұнайгаз ісі институты, Томск қ., Ресей

Бұл мақалада «Балапан» алаңындағы ядролық сынақ өткізілген телімдерден жерасты суларымен техногенді радионуклидтердің шығу сипатын зерттеу нәтижелеріне жасалған шолу келтірілген. Істелінген радиоэкологиялық жұмыстардың негізінде жерасты суларының жай-күйін ұзақмерзімді мониторингілеу үшін тіректі бақылау ұңғымалары жабдықталды.

«Балапан» алаңының шегінде, сонымен қатар оның шекарасынан тыс жерлерде де жерасты суларының радиоактивті ластану деңгейі жайлы жаңа деректер алынды. Зерттелген бағыттар бойынша техногенді радионуклидтердің жерасты суларымен жылыстау сипаты жайлы қорытынды жасалды.

Түйінді сөздер: жерасты сулары, ядролық сынақ, радионуклидтердің жылыстауы, цезий-137, стронций-90, тритий, плутоний, «Балапан» алаңының геологиялық құрылымы және гидрогеологиялық жағдайы, аймақтық омырулар, Шаған өзені, Қаражыра көмір кенорны.

КІРІСПЕ

Жерасты ядролық жарылыстардың (ЖЯЖ) радиоактивті өнімдерінің жерасты суларымен «Балапан» сынақ алаңынан тыс жылыстауы бұрынғы Семей сынақ полигоны (ССП) аумағының радиациялық қауіпсіздігінің маңызды мәселелерінің бірі болып табылады. Жерасты суларының радиоактивті ластану сипаты мен техногенді радионуклидтердің жерасты су ағындарымен ары қарайғы жылыстау жағдайлары «Балапан» алаңының геологиялық құрылысы мен гидрогеологиялық жағдайларының ерекшеліктерімен бақыланады.

ССП ядролық сынақтар тоқтатылған соң ҚР ҰЯО бөлімшелері түрлі жылдарда «Балапан» алаңындағы жерасты сулары радиоактивті ластануының гидрогеологиялық жағдайлары мен сипатын зерттеу үшін далалық және зертханалық зерттеулер жүргізді [1, 2]. Зерттеулердің негізгі міндеттерінің бірі техногенді радионуклидтермен ластанған жерасты суларының алаңның шекарасынан тыс жылыстауының болжамды жолын анықтау болды. Бұл кезде басты назар жерасты суларының Шаған өзені суларына құйылуының оқшау телімдерін анықтауға, сондай-ақ ЖЯЖ радиоактивті өнімдерінің жерасты суларымен аймақтық омырулар аймақтары бойынша жылыстау сипатын зерттеуге аударылды.

Сынақ алаңдарының шегінде тараған жерасты суларындағы техногенді радионуклидтердің деңгейлерін зерттеу бойынша кешенді зерттеулер ССП бөлігін шаруашылық айналымына жоспарлы беруге байланысты аса маңызды сипатқа және өзектілікке ие болды. Берілетін аумақтардың қауіпсіздігін шынайы бағалау үшін радионуклидтердің ЖЯЖ жүргізілген телімдерден тыс жылыстауын болжамды бағалауды орындау қарастырылуы қажет. Аталған мақалада осы мәселені зерттеу бойынша ҚР ҰЯО бөлімшелерінің жүргізген жұмыс нәтижелері берілген.

1. «БАЛАПАН» СЫНАҚ АЛАҢЫ ТУРАЛЫ ЖАЛПЫ АҚПАРАТ

1.1. Физикалық-географиялық очерк

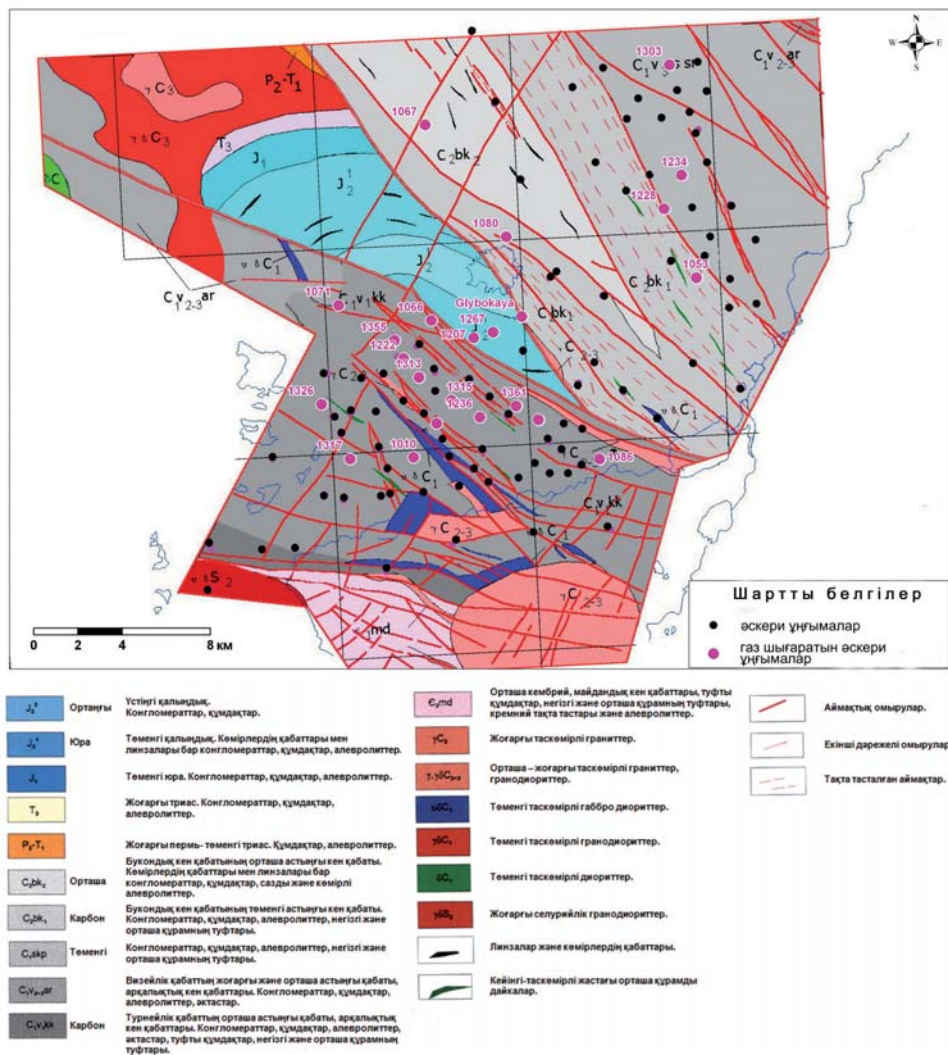
Әкімшілік жағынан «Балапан» алаңы облыс орталығы Өскемен қ. Шығыс-Қазақстан облысының құрамына кіреді. Қарастырылып отырған аумақ Семей қаласымен ұзақтығы 40 км жайдақ жолға ауысатын, 90 км-лік тас жолмен байланысқан. Алаңның солтүстігінде Балапан поселкесі, батысқа қарай 10–15 км Курчатов қ. темір жол өтеді. Жұмыстардың ауданы ССП шығыс бөлігінде орналасқан және шамамен 780 км² алаңды алып жатыр.

Геоморфологиялық жағынан «Балапан» алаңы Қазақы таулы өлкесінің солтүстік-шығыс шетіне немесе әлсіз бөлінген, негізінен ширек уақытта қалыптасқан бедермен берілген. Зерттелетін аумақта екі морфогенетикалық типті – денудациялық-эрозиялық және аккумулятивтік бедердің ұсақ шоқыларына тән орын бар. Бұдан басқа, мұнда жерасты ядролық сынақтарды, жерүсті тәжірибелер мен әр түрлі нысандардың құрылысын жүргізу нәтижесінде пайда болған бедердің жасанды формалары кеңінен тараған.

Аумақтың солтүстік және шығыс бөлігінде 12–20 м дейінгі төбешіктері бар әлсіз шоқыланған жазықтық басым. Оңтүстік-батысқа қарай 200-ден 320 м дейін абсолюттік белгілері және 30–80 м салыстырмалы төбелері бар ұсақ шоқылы бедерге өту байқалады. Ұсақ шоқылы бұл жер төбелер мен кең алқаптар мен қазан-шұңқырлармен бөлінген тізбектер ретінде берілген. Қияларға ұсақ тұзды көлдер мен сортаңдар жатады. Жазықтықтың шектерінде сор-дефляциялық төбелер мен депрессиялар дамыған. Неоген немесе палеоген саздарының шығу телімдерінде биіктігі 1 м дейін және диаметрі 2–3 м дейін дөмпеюі бар төбешік тараған.

Көлдері тұзды және ащы-тұзды, кепкен, олардың ішіндегі аса ірісі Қаражүрек-сор, аллювиальды-пролювиальды террасаның түзу бетінің аясында соған тән терең изометриялық шұңқыр жасайтыны Кішкенесор және Қияқсу. Гидрографиялық желі әлсіз дамыған, алаңда көктемгі қар ерігенде және жаңбыр кезінде жергілікті көлдерге құятын уақытша су ағыны бар бірнеше құрғақ сайлар байқалады. Шаған өзені ауданның жалғыз су артериясы болып табылады, тұрақты үзік су ағыны бар.

1.2. Геологиялық құрылысы



1-Сурет. «Балапан» алаңының геологиялық картасы

ССП аумағы кең көлемді палеозойлық Орал-Монғол белдігінің шығыс секторының құрамына енеді. Осы аумақтың шегінде қарастырылып жатқан қатпарлы құрылыстар екі негізгі тектоникалық құрылымдарға: каледондық Шыңғыс-Тарбағатайлық мегантиклинория және герциндік Зайсандық қатпарлы жүйеге жатады. Бұл құрылымдар арасындағы шекара күрт құлайтын тереңдіктегі Қалба-Шыңғыстық омырылу бойымен өтеді. Бұл қатпарлы құрылымдар өзінің даму тарихымен ғана емес, сонымен қатар жасы және негіздің кешенді қатпарлы құрылым бойынша да ерекшеленеді. Төменде олардың қысқаша сипаттамасы келтірілген.

«Балапан» алаңының геологиялық құрылымы (1-сурет) оның Жарма синклинория шатқалының оңтүстік-батысындағы, геотектогенездің герциндік циклында қалыптасуымен анықталады. Ауданның оңтүстігінде, Қалба-Шыңғыс омырылу артында, ірі орташа-жоғары таскөмірлі гранитті интрузиямен бұзып жарылған орташа кембрия жыныстарымен берілген Шыңғыс-Тарбағатай мегантиклинория каледонидтері ашылады.

Кембрийлік жүйе. Орта бөлім. Бұл жастағы шөгінділер майдандық кен қабаттарына біріктірілген (C_2md), ол екі қалыңдыққа: төменгі - жанартау-терригенді және жоғарғы-терригенді-кремнийлі бөлшектенген. Шөгінділердің қалыңдығы 1120 м-ге дейін.

Таскөмірлі жүйе. Төменгі бөлім.

Турней қабаты. Қоянды қабаты (C_1tkn). Шөгінділер орныққан, 30° -тан 70° дейінгі құлау бұрыштары бар басты солтүстік-батыс бағытқа тәуелді тізбекті қатпарларға жаншылған. Жыныстар қиманың фациалды тұрақсыздығымен сипатталады, байланыстық және дислокационды метаморфизмнің нәтижесінде шөгінділер әр түрлі дәрежеде мүйізденген, кремнийленген, кей жерлері кварцталған, пирит шашыраған, кварцтық және кварц-карбонатты ақ түсті көптеген қатпарлармен бөлінген. Кен қабаттарының құрамында туфалар, туффиттар, туфа-құмдақтармен, құмдақтар, алевролиттар, тақтатастар байқалады, қарқынды сызаттануға ұшырған, кейбір телімдері тақтасталған.

Визей қабаты.

Төменгі визей кіші қабаты. Коконь қабаты (C_1vkk). Коконь қабатының жыныстары аумақтың оңтүстік-батысында, Қалба-Шыңғыс және Шыңырау омырылулар арасында тұрған Шыңырау геоблогының шектерінде кеңінен тараған. Жоғарыда жатқан қабаттармен байланыс тектоникалық. Шөгінділер қышқыл құрамды интрузиямен жарылған, басым солтүстік-батыс бағытта созылған тізбекті қабаттар жасайды, сондай-ақ көптеген қабатты денелермен және негізгі және орташа құрамды порфириттердің дайқаларымен жасайды. Интрузиялар мен тектоникалық процестер әсерінен қабаттың тұнба жыныстары мүйізделген, тақтатасталған және кварцталған.

Қабаттың құрамы андезитті және андезитті-базальтты порфириттердің лавалар мен туфаларының сирек қабаттары баркарбонатты-кремнийлі-құмдақ-тақтасталған. Қабаттың ішкі құрылысы қималардың фациалды өзгергіштігімен, байланыстық және дислокациялық метаморфизмнің кең дамуымен күрделенген. Шөгінділердің жалпы қалыңдығы 2300 м жетеді.

Орта-жоғары кіші қабаттар. Арқалық қабаты ($C_1v_{2-3}ar$). «Балапан» алаңының шегіндегі арқалық кен қабаттарының шөгінділері Жарма аймағында солтүстік-батыс жазығының алабы ретінде шығар жолдары бар, телімнің солтүстік-шығысында, Байғозы-Бұлақты омырылудың артқы жағында орналасқан. Солтүстік-шығыста сиректас қабатының шөгінділерімен (базальды когломараттар негізінде), оңтүстік-батысқа қарай – орта және жоғарғы карбон когломараттарымен жабылуда. Шөгінділер когломараттар, гравелиттар, құмдақтар және алевролиттер порфиритті және олардың туфтарының базальтты қабаттармен, эктасты-кремнийлі алевроқұмдақтар түрінде келтірілген. Арқалықтық кен қабаттарының шөгінділері жиынтық қалыңдығы шамамен 4000 м-ді құрайтын аса қуатты қалыңдықтар жасайды.

Серпухов қабаты. Сиректас қабаты ($C_1 v_3\text{-ssr}$). Кен қабаттарының шөгінділері аумақтың солтүстік-шығысында, Байғозы-Бұлақ және Солтүстік-Жанан омырулар арасында аландық кең түрде тараған. Төмен жатқан қатпарлармен байланысы тектоникалық.

Кен қабаттарының кесіндісінде орташа және негізгі құрамдағы туфтардың таралуы басым. Андезитті порфириттердің туфтары жасыл-сұр, кей телімде ақшыл-сұр түсті псаммо-псефитті ретсіз текстура құрылымды. Кен қабаттарының шөгінділері солтүстік-батыс бағыттағы қатпарларға мыжылған және көп мөлшердегі жан-жаққа бағытталған жарылған бұзылулармен жеке блоктарға бөлінген.

Кен қабаттарының жиынтық қалыңдығы 1500–3700 м.

Жоғарывизей кіші қабаты– намюр қабаты. Көкпекті кен қабаты ($C_1 v_3\text{-nkr}$). Жанартаугенді-шөгінді жыныстармен берілген. Шөгінділер аумақтың солтүстік-шығыс бөлігінде тараған. Қимасында негізгі және орта құрамды туфалар басым, қабаттың төменгі бөлігінде –туфақұмдақтармен, сирек – көмірлі-кремнийлі алевролиттармен қатпарланған.

Орта бөлім. Бөкен кен қабаты ($C_2 bk$). Кен қабатының шөгінділері жаншылудың кесінді бұзылулармен шектелген Жанан аймағында орналасқан. Литологиялық құрамы бойынша орта таскөмірлі шөгінділер екі кіші кен қабатына бөлінеді: құмдақтармен, конгломераттармен, алевролиттермен, көмірлі тақтатастармен көмірлердің қатпарларымен және линзалармен қатпарланған континенталды және субконтиненталды. Бөкен кен қабаттары шөгінділерінің жалпы қалыңдығы 2500–3000 м-ді құрайды.

Орта-жоғары бөлімдер (бөлінбеген). Майтөбе кен қабаты ($C_{2-3} mt$). Кен қабатының шөгінділері аумақтың ортасында, Оңтүстік-Жанан және Шыңырау омырылулары арасында солтүстік-батысқа созылған сызық түрінде тараған. Қиманың төменгі бөлігінде көбінесе құмдақтар мен алевролиттердің линзалары мен қабаттары бар конгломераттармен дамыған, жоғарыда – құмдақтар, алевролиттер басым, жиі көмірленген, конгломераттардың линзалары мен қабаттары бар көмірлі-сазды тақтатастар.

Пермь жүйесі, жоғары бөлім– триас жүйесі, төменгі бөлім. Ақбота кен қабаты ($P_2\text{-}T_1 ab$). Бұл жастың шөгінділері телімнің солтүстік бөлігінде анықталған, Шыңырау омырылуының оңтүстік-батыс қапталында 30 км созылып жатқан, ені 1,5–2 км Ақбота омырылуалды бұрылуының оңтүстік бөлігін құрайды. Шыңырау омырылуы бұрылудың солтүстік-шығыс қанатын кесіп өтеді, бұл омырылу бойынша таскөмірлі шөгінділер бұрылудың шеткі бөлігіне жылжыған.

Пермь-триас шөгінділерінің қима негізінде базальтты конгломераттар бар. Оларға көмірдің линзалары мен қатпарлары бар ұсақ түйіршікті құмдақтар, алевролиттер жатады. Мұнда сол сияқты базальттар мен андезиттердің аз қуатты көкжиектері байқалады. Қиманың жоғарғы бөлігі ірі түйіршікті құмдақтармен және қабатталған гравелиталармен берілген. Шөгінділердің қалыңдығы – 350 м дейін.

Триастық жүйе. Жоғарғы бөлім (T_3). Жоғарғы триас шөгінділері негізінен Юбилейная қалыпының мезозойында жатыр және оның солтүстік қапталында ашылады. Қалыңдығы 1–3 м конгломераттар қабаты кіретін құмдақтар мен алевролиттер және қалыңдығы 0,1–0,4 м көмір линзасы басым тараған. Шөгінділердің қалыңдығы 90–120 м.

Юралық жүйе. Төменгі бөлім (J_1). Төменгі юраның тұнбалары тиісінше жоғарғы триастың жыныстарында немесе тікелей гранитті іргетаста жатады және екі қабатқа бөлінеді.

Қиманың төменгі бөлігі конгломераттармен, құмдақтармен, гравелиталармен құралған *бұрыш асты қабатқа* бөлінген (J_1^1). Қалыңдығы 95 м.

Конгломераттық қалың қабатта алевролиттермен, аргиллиталармен және көмір қабаттарымен берілген *төменгі көмірленген кен қабатының* (J_1^2) жыныстары жатыр. Кен қабатының қалыңдығы 135 м.

Орта бөлім (J_2). Жоғарғы көмірленген кен қабаты көбінесе көмір қабаттары бар алевролиталармен және құмдақтармен берілген. Сирек гравелиталар, конгломераттар және жаңғыш тақтатастар кездеседі. Орта юра жыныстарының қалыңдығы 100 м жетеді.

Жоғары бөлім (J_3). Бұрыш үсті кен қабаты. Алатүсті конгломераттар, гравелиттермен және қайта қатпарланған құмдақтармен сипатталады. Алевролиттер мен аргиллиттер сирек кездеседі. Кен қабаттарының қалыңдығы 180 м.

Неогенді жүйе (N). «Балапан» алаңының барлық дерлік телімдері, солтүстік-батыс және оңтүстік бөлігінен және эрозиялық шайылудың оқшау телімдерінен басқа, неоген шөгінділерінің қабатымен жабылған.

Неоген шөгінділері екі: төменгі-орта миоценмен белгіленген қалқамандық ($N_1 kl$) және жоғары миоцен – орта плиоценнің павлодарлық ($N_{1-2} pv$) кен қабатымен берілген. Қалқаман кен қабаты жасыл-сұр және жасыл-қызғылт, көбінесе құрамында құм мен алевролиттердің линзасы бар монтмориллонитті саздармен құралған. Саздарда псиломеланның бұршақтары, гипстың ұсақ друзалары мен ізбес бөліктері бар. «Балапан» алаңының шектерінде қалқамандық кен қабатының шөгінділері шайылудың көрінетіндей белгісізсіз павлодарлық кен қабатымен жабылған.

Павлодарлық кен қабаты линзалары және құм қабаттары бар қоңыр-сұр және қоңыр-қызыл саздармен берілген. Саздар құндағының қалыңдығы 10-нан 70–80 м дейін құбылады.

Төрттік жүйе (Q). Шөгінділер «Балапан» алаңының барлық аумағында жер бетінен дамыған. Тегіс-жазықтық телімдерінде құм-саз және құрамында қиыршық тас пен ағаш бар құмдасын тараған, алқаптарда және көл қазан-шұңқырларында – құмдар, құмдасындар, құм-саз және балдырлы саздар, жоталардың етегінде – құмдасын толтырылған ағаш және ұсақ тастар тараған. Шоқы шыңдарындағы төрттік шөгінділердің қалыңдығы 0,5–3 м, жазылған шоқыларда – 5–10 м құрайды, жазықта және өзен алқабында 15–25 м жетеді.

Интрузивті магматизм суреттелген аумақтың шектерінде кеңінен тараған. Интрузиялар көбінесе құрылымдық-формациялық аймақтарды шектейтін омырулы бұзылуларға (Қалба-Шыңғыс және Шыңырау омырылулары) ілесе жүреді, олар құрамы, формасы және өлшемі бойынша әр түрлі, бірқатар жағдайларда тікелей кайнозой шөгінділері астында жататын массивтермен және арқаулармен берілген. Аумақтың солтүстік бөлігінде субжанартаулық және пермь жасындағы кіші интрузиялар тараған.

«Балапан» алаңының аумағы күрделі пиликативті және омырулы тектоникамен сипатталады. Қатпарлы құрылымдар орта кембрияның майдан кен қабатының және төменгі карбонның коконь кен қабатының шөгінділері арасында карталанады. Майдан кен қабатының шөгінділері құлау бұрышы 40–60° Арқалық антиклинориясының солтүстік-шығыс қанатын түзейді. Коконь кен қабатының шөгінділері көбінесе

солтүстік-батысқа созылған қатпарлардың сериясымен күрделенген ірі Қарабас антиклиналін түзейді. Қатпарлар қанатының созылуы 1,5–2,5 км, құлау бұрышы 30–50° құрайды.

Ең ірі омырылулы бұзылу Шыңғыс-Тарбағатай және Жарма-Сауыр құрылымдық-формациялық аймақтарын (СФА) бөліп тұрған Қалба-Шыңғыс омыруы болып табылады. Омырудың жалпы созылуы солтүстік-батыстық, ал «Балапан» алаңының шектерінде субендік бағытқа ие. Жылжу беті оңтүстік-батысқа 70–85° бұрышпен кіреді. Омырудың әсер етуші аймағының ені 2 км. Қалба-Шыңғыс омыруы кулиса тәріздес омырулар сериясына бөлінеді.

«Балапан» алаңының орталық бөлігінде карталанатын Шыңырау омыруы солтүстік-батыста созылып жатыр және терең ұзақ өмір сүретін құрылым ретінде беріледі. Геофизикалық деректер бойынша Шыңырау омыруының солтүстік және оңтүстік тараулары мезозой шұңқырын шектейді.

«Балапан» алаңының солтүстік-шығысында және оның шектерінен тыс Жарма СФА-сын кіші аймақтарға бөлінетін Байғозы-Бұлақ омыруы байқалады. Омырулы жаншылудың қалың аймағымен ілесе жүреді, оның шектерінде жыныстар қарқынды орналасқан, тақта тасталған, кейбір телімдерде кварцталған және аз интрузиялармен кесілген. Омырулы ауысу 1–3 км дейінгі амплитудасы бар лақтырынды сипатына ие.

Жаншылудың Жанандық аймағы бөкен кен қабатының шөгінділерімен жасалған геосинклиналды қабаттың солтүстік-шығыс қанатын күрделендіретін өзіндік жеке құрылым ретінде берілген. Аймақтың ені 3–4 км жетеді. Қарастырылған терең омырулармен қатар, «Балапан» алаңында көптеген әр түлі бағыттағы бұзылу омыруы карталанады, ол негізгі құрылымды жабады және кеседі [3, 4].

1.3. «Балапан» алаңының гидрогеологиясы

Суреттеліп отырған аумақта өзара жиі байланысатын, қалыңдығы 100–150 м дейінгі екі гидрогеологиялық кешен бөлінеді (2-сурет). Бірінші кешенге оқшау гидрогеологиялық бассейндерге құятын сулар жатады. Өзіне сидыратын жыныстар борпылдақ неогендіктен қазіргі жасқа дейінгі түрлермен берілген. Екінші кешен аймақтық гидрогеологиялық жүйенің құрамына кіреді. Оған палеозойлық іргетастың сызаттық сулары, мезозой мүжілген түбірінің сулары мен палеогенді шөгінділердің сулары жатады. Сулар аздаған (50 м дейін) тереңдікте жататын оқшау гидрогеологиялық бассейндер төмендегілерге орайластырған:

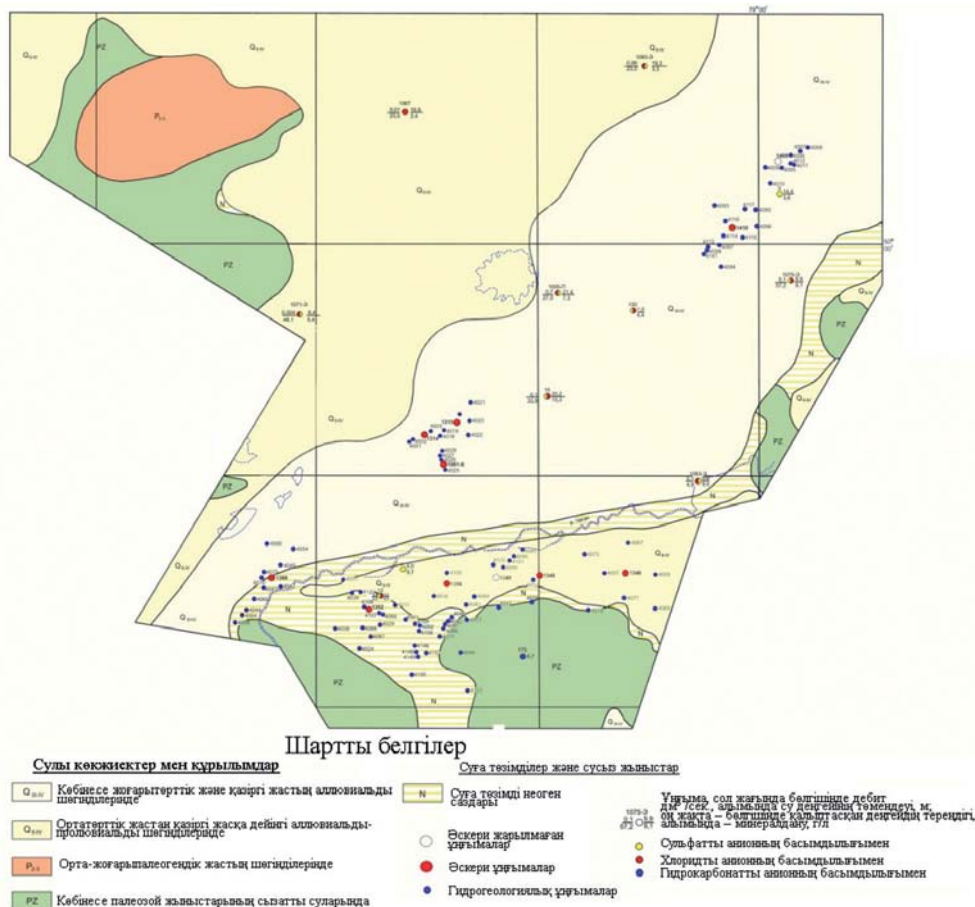
а) ортатөрттік-қазіргі жас (Q II-IV) тау бөктерінің шлейфтерінің үзінділерінің және алқаптың делювиальды-пролювиальды шөгінділеріне;

б) Шаған өз. жайылма алқап террасасын құрайтын соңғы төрттік-қазіргі жастың (Q III-IV) аллювиальды-пролювиальды шөгінділеріне.

Ортатөрттік-қазіргі жастың *делювиальды-пролювиальды шөгінділері топырақ суларының* (Q_{II-IV}) ағысы жоқ, көбінесе құмдасын-қиыршық тасты шөгінділерде дамуын ала отырып, 1,5 м көп тереңдікте жатады. Құрамы бойынша сулар сульфатты-хлоридты, сирек судың кермектігі бар хлоридты болып табылады. Жалпы минералдану кең шектерде 0,4-тен 4 г/дм³ дейін құбылады. Жоғары минералданған сулар жабық су жинайтын бассейндерде аса жиі кездеседі.

Жоғары төрттік-қазіргі (Q III-IV) аллювиальды-пролювиальды шөгінділердің топырақ сулары құм мен қиыршық тастармен берілген, Шаған өз. сол жақ

жағалауында тараған. Сулардың ағыны жоқ, 1–5 м тереңдікте жатады, сирек тереңірек.Құрамы бойынша сулар көбінесе сульфатты-хлоридты, сирек хлоридты. Жалпы минералдану $9,7 \text{ г/дм}^3$ дейін.



2-Сурет. «Балапан» алаңының гидрогеологиялық картасы

Жер бетіне жақын жатқан жерасты сулары азрация аймағының сызатты және капиллярлы суларына байланысты және көбінесе борпылдақ шөгінділер кесінділерінің жоғарғы бөліктерінде жатады. Сулар, әдеттегідей, көп дәрежеде минералданған, өйткені қарқынды булану кезіндегі борпылдақ шөгінділердің құрамында бар тұздарды ерітеді. Жер бетіне жақын жатқан жерасты сулары аздаған тереңдікте жатады (бірінші метрлері) және атмосфералық жауын-шашындардың мөлшеріне тікелей байланыста бола тұрып, тұрақсыз сипатқа ие.

Сызатты сулар және жер бетіне жақын жатқан жерасты сулар аздаған тереңдікте бола тұра, гидрометеорологиялық факторлардың әсеріне көп ұшыраған. Құрғақшылық кездерде топырақ суларының деңгейі көп төмендейді, ал жер бетіне жақын

жатқан жерасты сулары толық жоғалып кетуі мүмкін. Жаңбырлы кезеңде және қар еру кезінде кері көрініс байқалады. Тиісінше, сулардың жалпы минералдануы жоғарылайды немесе төмендейді. Тау құрылыстарының жанында оқшау бассейндерінің сулы көкжиектерін қосымша толтыру бұлақтар арқылы, яғни тікелей жерасты суларының аймақтық бассейндерінен жүзеге асады.

Аймақтық бассейнге орналасқан *жерасты сулары* үш типке бөлінеді. Палеоген шөгінділердің сулары желденудің мезозой қабаты сулары және палеозой іргетасының өзіндік сызатты сулары. Әдетте олар өзара байланысты және бірыңғай гидрожүйе құрайды.

Өзіндік сызатты сулар экзогенді сызаттану аймағында шоғырланған және геологиялық-құрылымдық жағдайларға байланысты 4-тен 70 м дейінгі әр түрлі тереңдіктерде жатады. Сызатты сулардың аяқ жағы 150–170 м тереңдікте жатыр. Сулы көкжиектің қалыңдығы экзогенді желдену аймағының даму тереңдігіне байланысты, омырулы бұзылуларымен түйіскен телімдерде жоғарылайды. Қоректену облысы ұсақ шоқыларда және салыстырмалы су ағындарының жіңішкерген телімдерінде дамыған «эрозиялық» терезелерде орналасқан. Сызатты сулар интрузивті түзілулерде, терригенді тұнбалы жыныстарда және эффузивті-тұнбалы кешендерде жататын суларға бөлінеді.

Орта кембрия (C_2md) майдан кен қабатының эффузивті-тұнбалы жыныстардағы сулардың сульфатты және сульфатты-хлоридты құрамы, төмен минералдануы ($1,5 \text{ г/дм}^3$) бар және аздаған тереңдіктерде жатады.

Коконь кен қабатының (C_1v_1kk) эффузивті-тұнбалы түзілулерінің сызатты сулары көбінесе сульфатты-хлоридты, көлемді минералдануы $15,3 \text{ г/дм}^3$ дейін.

Арқалық кен қабаты орта-жоғарывизей шөгінділерінің ($C_1v_{2-3}ar$) сызатты суларының сульфатты-хлоридты құрамы бар. Минералдануы 4 г/дм^3 асады.

Көкпекті кен қабатының туфогенді-тұнбалы қалыңдығымен (C_1skr) байланысты сызатты сулар аздаған тереңдіктерде жатады. Сулар кермек, сульфатты-хлоридты, сирек хлоридты құрамы бар.

Бөкен кен қабатының тұнбалы түзегіштерінің (C_2bk) сызатты сулары 1,0 м-ден 21,4 м-ге дейінгі тереңдікте жатыр. Сулар сульфатты-хлоридты. Жалпы минералдануы $2,4 \text{ г/дм}^3$ -тан $9,1 \text{ г/дм}^3$ -ге дейін өзгереді.

«Юбилейная» қалыпында жататын триастық және юралық көмірлі шөгінділерінде тараған сызатты сулар құрамы мен минералдануы бойынша іс жүзінде жоғарыда суреттелген сулардан ешқандай айырмашылығы жоқ.

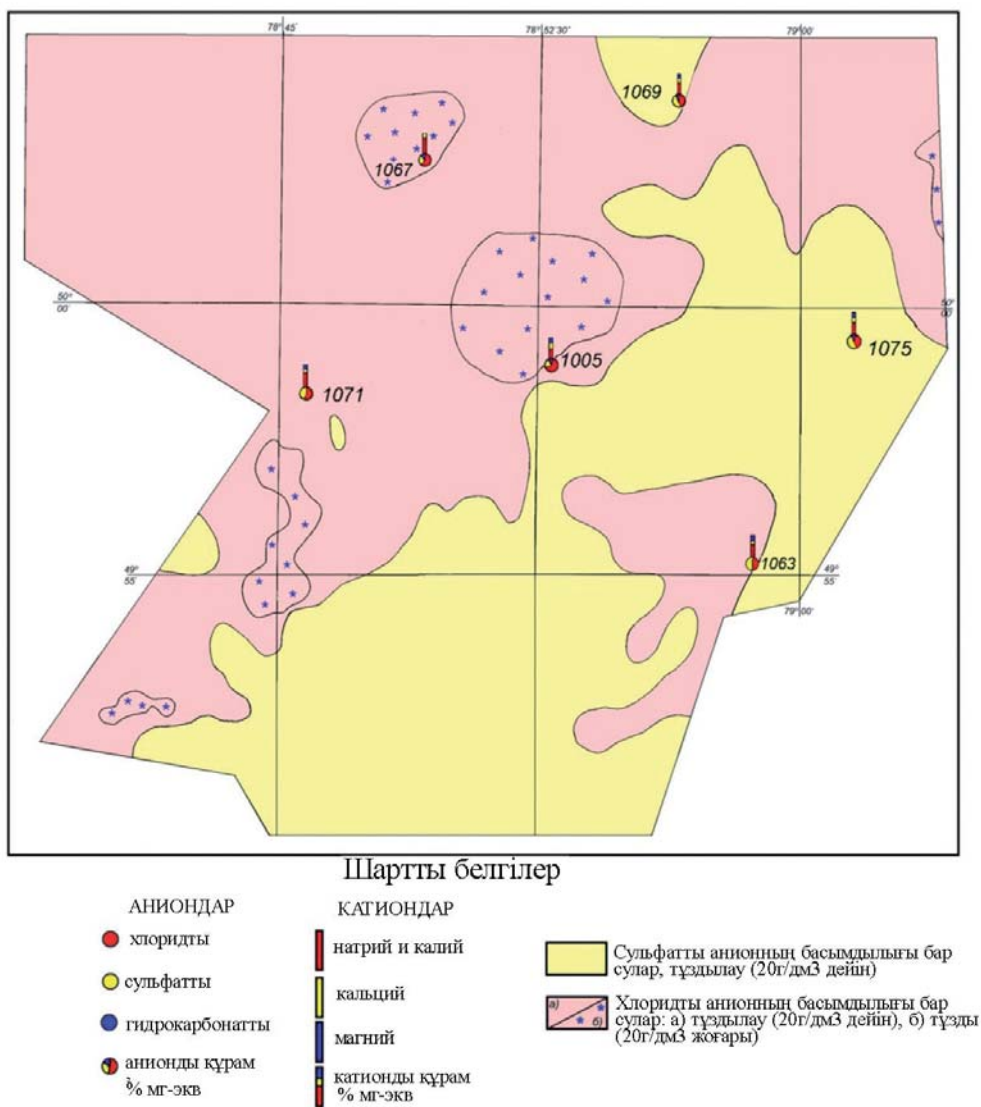
Гранитоидтардағы сызатты сулардың өздерінің жасына карамастан, гидрокарбонатты, сульфатты-гидрокарбонатты немесе сульфатты құрамы бар. Жалпы минералдануы төмен, $0,7 \text{ г/дм}^3$ -ге дейін.

«Балапан» алаңының гидрогеохимиялық сипаттамасы. Суреттелген аумақтың геологиялық-құрылымдық ерекшеліктері экзогенді және тектоникалық сызаттану аймақтарында циркуляция жасайтын сызатты сулардың басым ағынды дамуын алдын ала анықтайды. Күрт континенталды климат жағдайында қарқынды булану және аздаған жауын-шашыны бар су сіңіргіш жыныстардың литологиялық-петрографиялық құрамының әр түрлілігі жерасты сулары химиялық құрамының қалыптасуына әсер етеді.

Аталған аумақта алаңның шамамен 70% алып жатқан хлоридты анион басым жерасты сулары тараған. Сульфатты анион басым сулар алаңның оңтүстік және шығыс

бөлігінде орналасқан. Жерасты суларындағы гидрокарбонатты анионның құрамы 10% аспайды. Катионды құрам калий мен натрийдің сілтілі иондарының жоғары құрамымен (60% аса) сипатталады.

Суреттеліп отырған аумақта алаңның 80% аса көлемін алатын тұздылау сулар (құрғақ қалдықтың құрамы 1–20 г/дм³ шектерде құбылады) тараған. Ағынсыз қазаншұңқырларда 20 г/дм³ аса минералдануы бар тұзды сулардың линзалары орналасқан (3-сурет) [3, 4].



3-Сурет. «Балапан» алаңының гидрогеохимиялық картасы

1.4. «Балапан» алаңындағы ядролық сынақтар

1.4.1. Тау жыныстарындағы жинақталған белсенділік туралы ақпарат

ЖЯЖ орталық аймақтарының жасанды радионуклидтермен ластануы төмендегілердің:

- бөлінетін заттектердің қалдықтары;
- бөлу қалдықтары;
- дәлденген белсенділік радионуклидтерінің бар болуына байланысты.

ЖЯЖ жүргізу нәтижесінде тау жыныстарының радиоактивті ластануына болжамды үлесті бағалау үшін барлық ядролық зарядтар ²³⁹Pu негізінде жиналған деп қабылдаймыз. Біріншіден, аталған ұсыныс алаңдағы термоядролық сынақтардың жүргізілуі туралы нақты деректердің жоқтығына байланысты. Екіншіден, ²³⁹Pu термоядролық зарядында тұтандырғыш қана рөл ойнайды, және термоядролық сынақ кезінде бөлінетін заттектің қалдықтары классикалық ядролық зарядпен салыстырғанда көп аз болады.

Бөлінетін заттек қалдықтары. Ядролық зарядтың құрылысының бұзылу кезеңінде қалған бөлінетін заттектің саны η ядролық жарылысының тиімділігімен анықталады, ол сынақтардың жүргізілген уақыты ядролық қондырғысының типі мен құрылысына байланысты 1-ден 30 %-ға дейін өзгеруі мүмкін. Ары қарайғы есептер үшін әр жарылыс бойынша ресми деректердің жоқтығына байланысты оны 20 % тең деп қабылдаймыз.

«Балапан» сынақ алаңында барлығы 106 жерасты сынақтары жүргізілді [5]. Жарылыстар қуаттарының барлық диапазоны тротилдық эквиваленте екі бөлікке бөлінеді: 0,001-ден 20 кт-ға дейін, 20-дан 150 кт-ға дейін. Абсолюттік белсенділіктің есебі төменгі және жоғарғы шектер үшін жүргізілді, сосын сәйкес шектер аталған кезеңдегі жиынтық белсенділіктің минималды және максималды болжамды мәндерін түзе отырып, бір-біріне қосылды. Сондай-ақ изотоптар белсенділігінің ²³⁹⁺²⁴⁰Pu белсенділігіне қатынасы есептелді. Алынған нәтижелер төменгі 1-кестеде берілген.

1-Кесте.

2011 жылға алаңдағы плутоний изотоптарының және еншілес ²⁴¹Am максималды және минималды болжамды жиынтық белсенділігі және олардың ²³⁹⁺²⁴⁰Pu белсенділігіне қатынасы

Изотоптың атауы	Жартылай ыдырау кезеңі, жыл	Белсенділіктің төменгі шегі, Бк	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu қатынасы	Белсенділіктің жоғарғы шегі, Бк	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu қатынасы
²³⁸ Pu	87,7	$6,9 \times 10^{13}$	0,28	$1,2 \times 10^{15}$	0,27
²³⁹ Pu	$2,4 \times 10^4$	$1,9 \times 10^{14}$	1	$3,4 \times 10^{15}$	1
²⁴⁰ Pu	$6,5 \times 10^3$	$6,0 \times 10^{13}$		$1,1 \times 10^{15}$	
²⁴¹ Pu	14,4	$6,9 \times 10^{14}$	2,76	$1,4 \times 10^{16}$	3,11
²⁴² Pu	$3,7 \times 10^5$	$7,3 \times 10^{10}$	$2,9 \times 10^{-4}$	$1,3 \times 10^{12}$	$2,9 \times 10^{-4}$
²⁴¹ Am	432	$1,3 \times 10^{14}$	0,52	$2,2 \times 10^{15}$	0,49

Көріп отырғанымыздай, бөлінетін заттектің жиынтық белсенділігіне негізгі үлесті ²⁴¹Pu қосады. Шындығында, оның белсенділігі ²⁴⁰Pu жылдам нейтрондармен

белсендірілуі есебінен біршама жоғары болуы мүмкін, бірақ аталған реакцияның қимасы қомақты үлес қосу үшін өте аз. Уақыт өте келе ^{241}Pu ыдырауы есебінен оның ^{241}Am еншілес ыдырау өнімінің үлесі өсетін болады.

Бөліну қалдықтары. Бөлінетін заттекті есептеу жағдайы кезіндегідей, бөліну қалдықтарының белсенділігін есептеу 2011 жылға жиынтық белсенділіктің жоғарғы және төменгі мәндерін түзей отыра, жарылыстар қуаттарының 0,001 кт-дан 20 кт-ға дейін, 20 кт-дан 150 кт-ға дейінгі екі аралығы үшін жүзеге асты. Бөліну қалдықтары белсенділіктерінің ^{137}Cs белсенділігіне қатынасы есептелді. 2-кестеде алынған мәндер келтірілген.

2-Кесте.

2011 жылға бөліну қалдықтарының теория жағынан есептелген минималды және максималды болжамды абсолюттік белсенділігі және олардың ^{137}Cs белсенділігіне қатынасы

Радионуклид- тің атауы	Жартылай ыдырау кезеңі, жыл	Белсенділіктің төменгі шегі, Бк	^{137}Cs қатынасы	Белсенділіктің жоғарғы шегі, Бк	^{137}Cs қатынасы
^{79}Se	65000 жыл	$6,8 \times 10^9$	$6,2 \times 10^{-6}$	$1,2 \times 10^{11}$	$6,3 \times 10^{-6}$
^{90}Sr	28,5 жыл	$8,1 \times 10^{14}$	0,74	$1,5 \times 10^{16}$	0,79
^{90}Y	64,1 сағ.	$8,1 \times 10^{14}$	0,74	$1,5 \times 10^{16}$	0,79
^{107}Pd	$6,5 \times 10^6$ жыл	$5,4 \times 10^8$	$4,9 \times 10^{-7}$	$9,2 \times 10^9$	$4,8 \times 10^{-7}$
$^{121}\text{Sn-m}$	50 жыл	$4,2 \times 10^{11}$	$3,8 \times 10^{-4}$	$7,5 \times 10^{12}$	$3,9 \times 10^{-4}$
^{125}Sb	2,77 жыл	$5,9 \times 10^{10}$	$5,4 \times 10^{-5}$	$3,0 \times 10^{12}$	$5,4 \times 10^{-4}$
^{129}I	$1,57 \times 10^7$ жыл	$6,3 \times 10^8$	$5,7 \times 10^{-7}$	$1,1 \times 10^{10}$	$5,8 \times 10^{-7}$
^{137}Cs	30,17 жыл	$1,1 \times 10^{15}$	1	$1,9 \times 10^{16}$	1
$^{137}\text{Ba-m}$	2,55 мин	$1,1 \times 10^{15}$	1	$1,9 \times 10^{16}$	1
^{151}Sm	93 жыл	$4,2 \times 10^{11}$	$3,8 \times 10^{-4}$	$7,5 \times 10^{12}$	$3,9 \times 10^{-4}$
^{154}Eu	8,8 жыл	$2,1 \times 10^8$	$1,9 \times 10^{-7}$	$4,8 \times 10^9$	$2,5 \times 10^{-7}$
^{99}Tc	213 000 жыл	$1,7 \times 10^{13}$	$1,6 \times 10^{-2}$	$3,0 \times 10^{14}$	$1,6 \times 10^{-2}$

2-кестеден көргеніміздей, осы уақытқа ^{90}Sr және ^{137}Cs басым белсенділіктері бар. Бірақ ұзақ мерзімдік болашақта радиологиялық ахуалды ^{99}Tc және ^{151}Sm түзейтін болады.

Дәлденген белсенділіктің радионуклидтері. Нейтрондық ағынның тау жыныстарына әсерінің нәтижесінде олардың құрамындағы элементтер белсендіру процестеріне ұшырайды. Ядролық сынақтарды жүргізу орындарында іріктеп алынған сынама-лардағы жартылай ыдыраудың салыстырмалы үлкен кезеңдерінің себебінен ^{152}Eu , ^{154}Eu , ^{155}Eu , ^{60}Co , ^{36}Cl сияқты радионуклидтер кездеседі.

^3H сияқты белсенділік өнімін жеке атап өту қажет. Жарылыстарды жүргізу кезінде синтез реакциясы $\sim 7 \times 10^{14}$ Бк/кт, бөліну реакциясы $\sim 4 \times 10^{10}$ Бк/кт береді. Жерасты жарылыстары бұл сандарды құз жыныстарында бар бор мен литийдегі ядролық реакциялардың есебінен ұлғайтады.

Бөлінетін заттектің қалдықтары мен бөлу қалдықтары үшін сияқты, тритийдің жиынтық белсенділігінің тиісінше $1,9 \times 10^{12}$ Бк және $5,0 \times 10^{13}$ Бк құраған төменгі және жоғарғы шектері есептелді.

Жарылыстарды жүргізу нәтижесінде пайда болған жасанды тритий үш негізгі қосынды – тритийленген су (НТО), тритийленген сутегі (НТ) және тритийленген метанның формасында болуы мүмкін [6].

Сонымен, қазіргі уақытта дайындалған мөлшері ең үлкен болып табылатын «ұзақ өмір сүретін» радионуклидтер: ^3H , ^{90}Sr , ^{137}Cs және $^{239+240}\text{Pu}$ жерасты суларының радиоактивті ластануын анықтайтын негізгі радионуклидтер болып табылады. Жерасты суларында ^{241}Am , ^{238}Pu , ^{241}Pu , ^{36}Cl , ^{99}Tc және т.б. сияқты радионуклидтердің табылуы да мүмкін.

1.4.2 Жерасты суларының ластану механизмдері

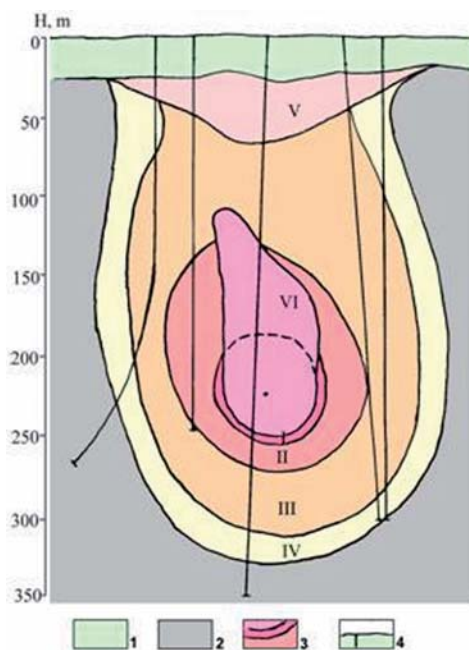
Ұңғымалардағы жүргізілген жарылыстардың қазан-шұңқырлық қуыстарының штольнялардағы ЖЯЖ айырмашылығы, жерасты сулары таралуынан көп төмен орналасқан. Қуыстардағы жоғары температура қалыңдығы 400 м жоғары жабынды жыныстардың қалың қабаты болуына байланысты ұзақ сақталады. Тиісінше, ядролық жарылыстың қуысы табиғи гидротермалар сияқты ұзақ жұмыс істейтін «бугенератордың» рөлін атқаруы мүмкін. Қуыстарға жеткенде сулар қызады, химиялық элементтер мен радионуклидтерді ерітеді және олармен бірге радионуклидтердің жылыстауының әр түрлі тәсілі және олардың толуы жүруі мүмкін жоғарғы көкжиектерге қайтады. Жерасты сулары ластануының басқа да, мысалы, радиоактивті өнімдердің техногенді сызаттануы мен толассыз бұзылуымен байланысқан аймақтар бойынша түсуі кезіндегі нұсқалары жоққа шығарылмайды.

ЖЯЖ механикалық әрекеті қуыстың қалыптасу аймағында тау жыныстарының жаншылуы, тау жыныстарының, келтірілген сызаттанудың ұсатылуы, құлаған жердің сынығы мен бағанының ұсатылуы аймағында қалыптасуында көрсетілген тау жыныстарының массивінің орнына келмес деформациялануына әкеледі. Мысал ретінде 4-суретте 102 нысанында аса жан-жақты зерттелген ЖЯЖ орталық аймағының құрылымы келтірілген [7, 8]. Радиациялық-газодинамикалық жағдай құлау бағанының пайда болу кезіне байланысты [9].

Жаншылу аймағында тау жыныстары борпылдақ шаң тәріздес материалға айналған. Ұсатылу аймағында жыныс ағаш пен ұсақ қиыршық тастар қалпына дейін бұзылған. Қарқынды сызаттану аймағы табиғи сызаттанудың жаңаруы мен жаңа сызаттармен – жарылыстың эпицентрынан радиалдық бағыттар бойынша сынықтармен, шоғырлану бағыттары бойынша жарылыстармен сипатталады. Блоктық сызаттану аймағы ассиметриялық формада, аймақтың аса қалың жеріне жыныстардың созылу және қайта қалпына келу бойынша, азына – қуыстан төмен және жыныстардың құлауы бойынша қол жеткізіледі. Құлайтын бұзылуы бар аймақ әр түрлі акустикалық қаттылығы бар орталардың бөліну бетінде пайда болады. Қалыптасқан техногенді аймақтардың конфигурациясы геологиялық-құрылымдық жағдайларға аса бағынышты (мысалы, дизъюнктивтердің, геологиялық шекаралардың, сіңіруші жыныстардың литологиялық құрамының бар болуы).

ЖЯЖ жүргізу нәтижесінде орталық аймақта радионуклидтердің екі негізгі көзі пайда болады. Біріншісі – бұл ұсатылған жыныста және массивтің сызаттарында окшауланған радиоактивті аэрозольды-шанды құрауыш. Екінші көзі – бұл құрамында ^{90}Sr , ^{137}Cs негізгі үлесі және толықтай дерлік $^{239+240}\text{Pu}$ бар шынылы ұсақ қиыршық тасты радиоактивті жыныс. Бұл кезде радиоактивті изотоптардың көп бөлігі (бөліну өнім-

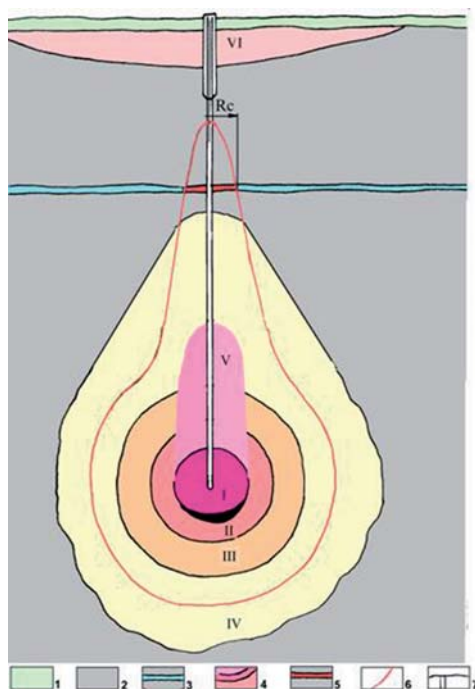
дері) ағымында қуыстың құлауы болатын уақытпен салыстырғандағы уақыт кезеңіндегі инертті газдар немесе ұшпа элементтер түрінде болады. Инерттік газдар түріндегі изотоптар басқа элементтерге ыдырау жүрмейінше, ал аса ұшпа заттектер – температураның төмендеуі немесе аса аз ұшпа элементтерге ыдырау болмайынша конденсацияланбайды. Радиоактивті ыдырау процесінің жарылыстан соң жалғасу мөлшеріне байланысты газ тәрізді және ұшпайтын изотоптардың салыстырмалы таралуы өзгереді. ^{90}Sr көп бөлігі, тікелей пайда болатын ^{90}Sr немесе ^{90}Rb аздаған мөлшерінен басқа, инертті ^{90}Kr (80 % жуық) бөлінуі кезінде пайда болады. Сонымен, егер қуыс ^{90}Kr (33 сек) жартылай ыдырау кезеңімен салыстыруға болатын кезеңде құласа, онда соңғы ^{90}Sr үлкен бөлігі балқытылған материалмен қамтылмайды, қуыстан басқа газдармен бөлініп шығады. Тіпті толық камуфлеттің жарылысы кезінде және ыдырау өнімінің негізгі бөлігі бар балқымайтын шыны тәріздес масса пайда болған кездегі қуыстың құлауы кезінде инертті газдар түрінде болатын (^{90}Kr және ^{137}Xe) ^{90}Sr және ^{137}Cs үлкен үлесі шыны тәріздес массада болмайды, басқа газдармен бірге тарайды [9, 15–17]. Сонымен, ^{90}Sr және басқа изотоптардың аса көп мөлшері (олардың алдыңғылары газ тәріздес немесе ұшпа элементтер болып табылады) жоғары радиоактивтілік аймағынан аса жоғары ара қашықтықта қалады және бұзылған ортада тарайды. Жарылыс қуысындағы 1000–1500 °C температура ыдырау өнімінің кейбір пайда болған радионуклидтері ұшпа болады, бұл олардың шыны тәріздес материалдан ұшып шығуына әкеледі, бұл, мысалы, цезийге тән.



(1 – мезо-кайнозой шөгінділері; 2 – палеозой жыныстары; 3 – қайталанбас деформациялану аймақтары:
I – жанылыу, II – ұсатылу, III – қарқынды сызаттану, IV – блоктық сызаттану,
V – құлау, VI – құлау бағаны; 4 – ұңғыма)

4-Сурет. 102 ұңғымасындағы жарылыстың орталық аймақ сұлбасы

ЖЯЖ радионуклидтері жылыстауының газдық фазасы аяқталған кезде жерасты сулары негізгі жылыстау агенті мен ЖЯЖ орталық аймағынан радионуклидтерді тасымалдаушы болып табылады. ССП көп жылғы бақылаулар жерасты суларындағы радионуклидтердің шоғырлануы жарылыстан соң алғашқы бірнеше жыл ағымында өседі, содан соң олардың аэрозольды-шаң көздерімен, сол сияқты радионуклидтердің ыдырауымен байланысты біртіндеп төмендеуі жүреді. Жыныстың қатып қалған радиоактивті балкуынан радионуклидтердің жылыстауы, радионуклидтердің алғашқы көзден жылыстауымен салыстырғанда іс жүзінде бірінші жылдарда, мүмкін, ондаған жылдарда маңызы жоқ, өйткені радионуклидтердің сілтіленуі 10^{-3} – 10^{-7} г/см²×күн еселік коэффициентпен жүреді және бұл кезде аталған көздің тиесілі беті сондай-ақ бірінші көзге (ұсатылу аймағындағы жыныстар) қарағанда бірнеше есе төмен [18].



- (1 – мезо-кайнозой шөгінділері; 2 – палеозой жыныстары; 3 – жерасты суларының коллекторы; 4 – қалпына келмес деформациялану аймақтары: I – қуыс және балқыма, II – ұсатылу, III – қарқынды сызаттану, IV – блоктық сызаттану, V – құлау бағаны; VI – бөліну; 5 – радионуклидтердің көзі; 6 – радионуклидтердің жоғары шоғырлану облысының шекарасы; 7 – ұңғыма)

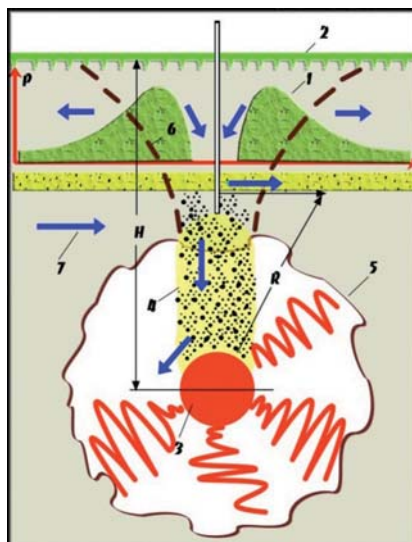
5-Сурет. Радиоактивті материалдың жоғары көзінің және шоғырланған аумағының сұлбасы

Сонымен, қазіргі уақытта, ЖЯЖ радиоактивті өнімдердің жылыстауы тұрғысынан алғанда, аэрозольды-шаң көзінде бар материал негізгі қызығушылықты тудырады. Радиоактивті материал жоғары шоғырлану облысының 5-суретте сұлбамен көрсетілгендей түрі бар деп болжанады. Жерасты сулары коллекторының жоғары шоғырлану облысымен шартты қиылысу облысы сумен тасымалданатын радиоактивті материалдың көзі болып табылады [7].

5-суретте «мінсіз» жағдай $R_c > R_*$ бейнеленген, мұндағы R_* – жарылыс тереңдігіндегі радиоактивтіліктің жоғары шоғырлану облысының радиусы. Мұнымен бірге, басқа да нұсқалардың болуы да мүмкін, мысалы, $R_c < R_*$, бұл радиоактивті материалдың коллекторға түсуі кезінде жарылыс нәтижесінде жаңарған құламалы бұзылулар арқылы немесе сулы көкжиектің етегіне жететін келтірілген сызаттану аймағы арқылы жүзеге асады.

1.4.3. ЖЯЖ жүргізу кезіндегі гидродинамикалық әсерлер

Құрылысы жағынан күрделі шынайы геологиялық орта біртекті емес деформациялану жарылыс әсері кезінде жерасты суларының ретін жан-жақты талдауға мүмкіндік бермейді. Алайда жерасты жарылысымен туындаған гидродинамикалық процестердің негізгі ерекшеліктері құбылыстың келесі сұлбалануы кезінде байқалады (6-сурет) [8].



(1 – құлау бағанының қалыптасуы кезіндегі жерасты сулары қысымының таралуы; 2 – күндізгі жер беті; 3 – камуфлеттік қуыс; 4 – құлау бағаны; 5 – келтірілген сызаттану аймағы; 6 – жербеткі тығыздану облысы; 7 – жерасты суларының қозғалыс бағыты)

6-Сурет. ЖЯЖ жүргізу кезіндегі тау жыныстарының блогындағы қысымның өзгеруі

Құрамында субкөлденең сумен толған жер қабаты бар әлсіз сіңіретін тұтас ортада, P кейбір тереңдікте қуаты q зарядтың жарылысы жүреді. Жарылысқа сәйкес толқынды процестер қоршаған ортаның деформациялануына әкеледі және де жер қабаты-коллектордың жағдайы көп дәрежеде салыстырмалы сіңіргіш монолитті жыныстардан үлкен ерекшелігімен өзгереді. Коллектордың динамикалық сығымдалуы кейбір облыстардағы сұйықтық қысымының жоғарылауына әкеледі – күмбез тәрізді тиімді немесе Дюпюи жақындауы бар P сұйықтықтың қысымына сәйкес ресми қойылған жерасты сулары деңгейінің шынайы жоғарылауы:

$$\text{grad}(P) = \rho g \text{grad}(h)$$

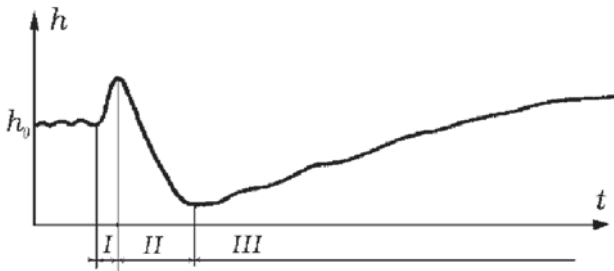
мұндағы:

h —топырақ суларының абсолюттік деңгейі;

ρ —сұйықтықтың тығыздығы.

Бұл процесс бұрын болған және сызаттардың пайда болуының нәтижесінде қайтадан пайда болған тау жыныстарының қарастырылып отырған массивінің саңылаулы-сызатты суларын сумен толтырумен бірге ілесе жүреді. Камуфлеттік қуыстың қалыптасу кезеңінде суға толған жер қабаты-коллектордың ауытқуының ұзақтығын анықтайды. Құлау бағанының келесі пайда болуы (ортаның тіпті бос жер бетіне дейін жоғары тығыздалу облыстары) жерасты суларының пайда болған күмбезінде орталық депрессияға әкеледі.

Жарылыстың әсері кезіндегі жерасты суларының деңгейі өзгеруінің жалпыланған сұлбасы 7-суретте берілген [8]. Жарылыс эпицентрындағы жерасты суларының жоғары қысымының (күмбезі) облыстарының бар болуы табиғи түрде пьезометриялық жер бетінің жоғарылауына әкеледі (I-бөлік). Келесі кезең (II-бөлік) жарылыс кезінде пайда болған келтірілген сызаттану аймағына жерасты суларының ағуымен байланысты. Мысалы, құлау бағанында орналасқан тау жынысының жоғары сіңіргіштігі (сіңіргіштік коэффициенті 10^{-9} м^2 жетеді), артық қысымның жарылыс эпицентрының ауданында табиғи деңгейден көп төмен жылдам алынуына және түсуіне әкеледі. Жерасты сулары деңгейінің төмендеуінің жалпы үрдісі депрессиялық қазан-шұңқырлардың пайда болуына әкеледі. Қорытынды кезең (III-бөлік) – пьезометриялық жер бетін қалпына келтіру аймақтарының келтірілген сызаттанумен толуы кезеңінен басталады.

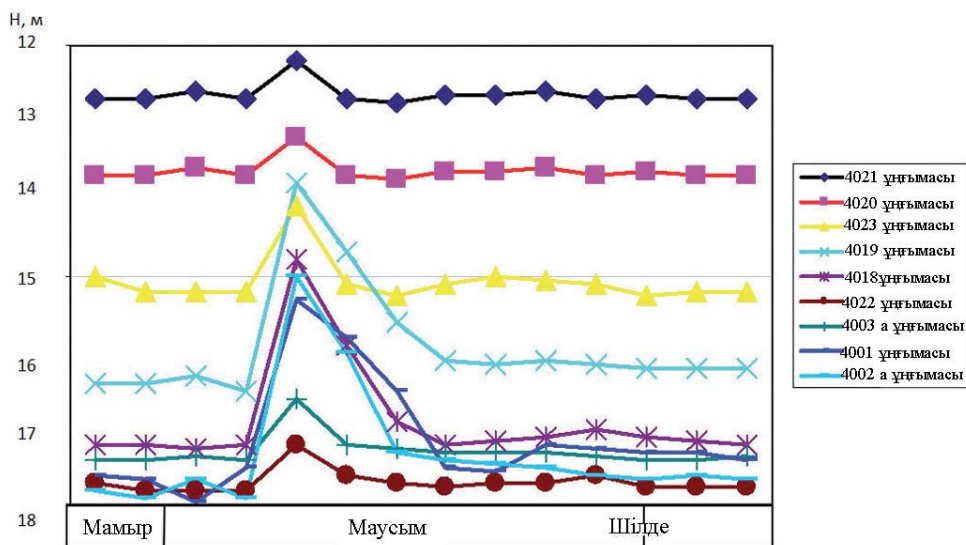


(кезеңдер: I – «күмбездің» пайда болуы; II – келтірілген сызаттанудың толуы; III – деңгейін қалпына келтіру)

7-Сурет. ЖЯЖкезінде жерасты сулары деңгейінің өзгеру сұлбасы

Жерасты суларының деңгей динамикасының сипаты туралы түсінік алу үшін суретте (8-сурет) «әскери» 1315 ұңғымада ЖЯЖ жүргізуден кейін гидрогеологиялық ұңғымалардағы бақылаулар нәтижелері берілген.

ЖЯЖ жүргізілген соң дереу жербеткі толқындардың өтуі кезінде жерасты сулары деңгейінің көтерілуі тіркеледі. Кейбір жеке жағдайларда бақылау ұңғымаларынан жерасты суларының атқылауы байқалды. Сосын, ұзақ уақыт ішінде (алғашқы сағаттар – бірінші күндер) қайтадан пайда болған сызат жүйелерінің сумен толуы арқасында жерасты сулары деңгейінің төмендеуі тіркелді. Жарылыстан кейін бірнеше уақыт өткен соң (0,5 ай – 1 жыл) жерасты сулары деңгейінің статистикалық жағдайға дейінгі қалпына келуі жүрді [10].



8-Сурет. 1315 сынақ ұңғымасының («әскери») әсер етуші аймағында орналасқан бақылау ұңғымаларындағы судың деңгейінің өзгеру кестесі

2. «БАЛАПАН» АЛАҢЫНДАҒЫ ЖЕРАСТЫ СУЛАРЫНЫҢ ҚАЗІРГІ АХУАЛЫ

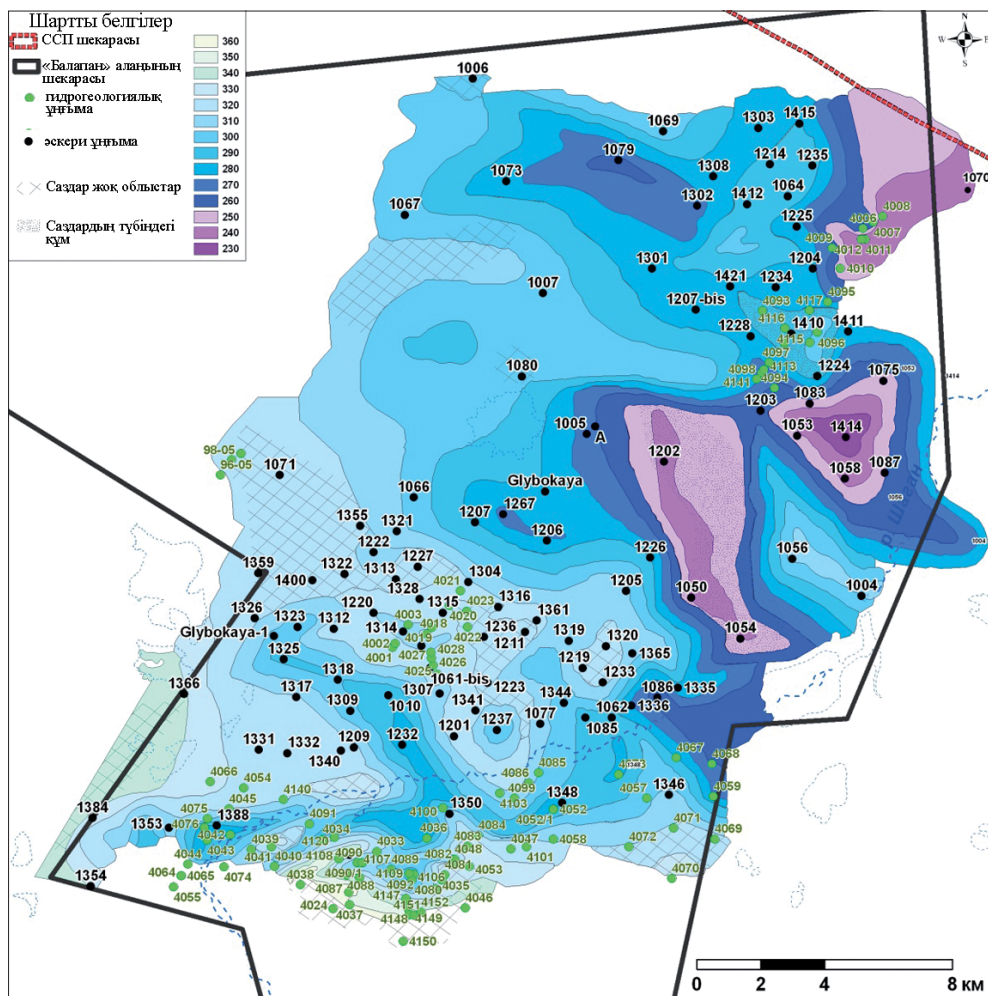
2.1. Гидрогеологиялық жағдайларды алдын ала бағалау

ССП аумағында ЖЯЖ гидрогеологиялық ортаға және жерасты суларына әсерін зерттеу үшін 100-ден аса ұңғыма бұрғыланды (9-сурет).

Ары қарай, 1996–2003 жж. бұл ұңғымалардың бір бөлігі ядролық инфрақұрылымның жабылуы жөніндегі жобаларды орындау кезінде пайдаланылды, ұңғымалардың бірқатары жергілікті тұрғындардың рұқсатсыз араласуымен бұзылып, қирады. Яғни, гидрогеологиялық мониторингті ұйымдастыру үшін өзіне келесі шараларды кіргізетін бақылау ұңғымаларына тексеру орындау қажет болды:

- «Балапан» алаңы аумағындағы бақылау ұңғымаларының сипаттамасы мен орналасуы жөніндегі мұрағаттық деректерді жинау және талдау;
- Ұңғымалардың тектоникалық ахуалын және олардың қалпына келтіруге немесе бақылауға жарамдылығын анықтау үшін далалық алдын ала жол жүру.

Әдеби көздер бойынша анықталғаны, «Балапан» алаңы аумағындағы ұңғымаларда жүргізілген ядролық сынақтарға ілеспе жасау үшін 140 бақылау ұңғымасы бұрғыланды, ал алдын ала тексеру процесінде жергілікті жерде жерасты ядролық сынақтарын жүргізудің 11 орнына жататын 140 ұңғыма анықталды. Зерттеу ұңғымалардың көп мөлшерінің бөгде материалмен толықтай жабылғандығын немесе жойылғандығын көрсетті. 104 ұңғыманың ішінен 22 ұңғыма қалпына келтіруге жарамайды және толықтай жойылды. Қалған 82 ұңғыманың ішінен қалпына келтіру және тазалау үшін 35 ұңғыма анықталды.



9-Сурет. «Балапан» алаңында су сіңіретін жыныстардың жабынының орналасу тереңдігінің картасы (абс. белгі, м)

«Балапан» алаңында гидрогеологиялық жағдайларды нақтылау үшін ЖЯЖ жүргізілген телімдерді таңдау үшін 600 м дейінгі тереңдікте бұрғыланған құрылымдық ұңғымалар жөніндегі деректерге қосымша талдау жүргізілді. Өңделген және жүйеленген деректердің нәтижелері бойынша 1:50 000 ауқымда сулы көкжиек жабындысының жату тереңдігінің картасы құрылды (9-сурет).

Бұрғылау ұңғымалары жөніндегі бастапқы деректерді өңдеу жерасты су ағындарының негізгі сипаттамаларын анықтауға мүмкіндік берді. Құзды іргетастың тегіс емес беттері қалыңдығы 80 м дейінгі неоген саздарымен орындалды. Сулы көкжиектің жату жағдайы созылып жатуы бойынша және қимасында өзгереді. Барлық аумақта жерасты суларының көбінесе ағын мөлшері 73 метрге дейін ағынды сипаты бар, си-

рек – кіру немесе аумақтық су ағынына қарсы (неоген саздары) шайылу телімдерінде ағынсыз сулар дамыған.

«Балапан» алаңы жерасты суларының транзит облысын білдіреді. Жерасты сулары қозғалысының негізгі бағыты 0,002 дейінгі еңіспен солтүстік-шығысқа қарай. Пьезометриялық жер бетінің абсолюттік белгілері 330-дан 270 м дейін азаяды (10-сурет). Сонымен, жерасты суларының қозғалысы, тұтасымен алғанда, ССП аумағында су толуының табиғи облысына, «Балапан» алаңынан 100 км солтүстікке қарай орналасқан Ертіс өзеніне қарай бағытталған. Жерасты суларының қозғалысы гидравликалық еңістің жеткілікті аз көлемі кезінде және сүзгіленудің төмен жылдамдығы кезінде жүзеге асады. Бұған аумақтың көп бөлігіндегі 1 м/тәулік көлемінен аспайтын сүзгіленудің аздаған мәнделері себепші болады [1, 2].

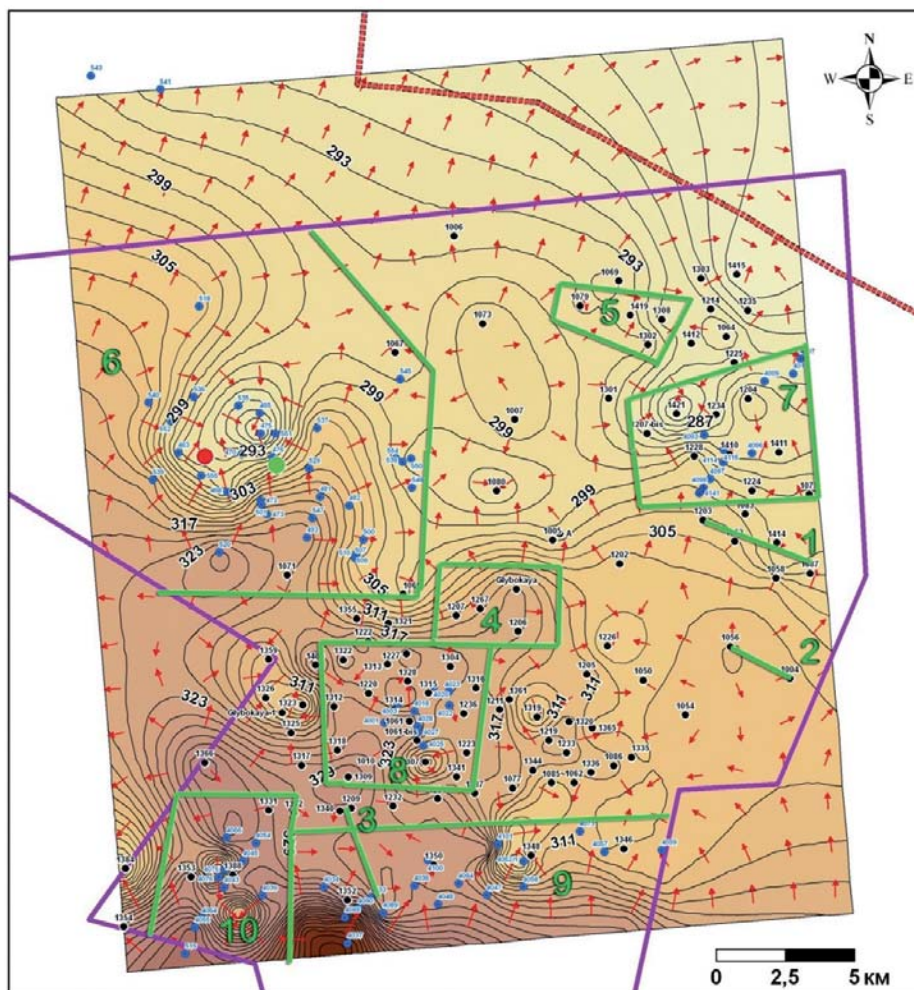
2.2. «Балапан» алаңы жерасты суларының радионуклидті ластануын бағалау бойынша жұмыс нәтижелері

«Балапан» алаңындағы жерасты суларының техногенді радионуклидтермен ластану сипатын бағалау үшін бұрын бұрғыланған гидрогеологиялық ұңғымаларды сынақтан өткізу жүргізілді. Телімдердің кейбіреуінде химиялық және радионуклидті талдау жүргізу үшін жерасты суларының сынамаларын іріктеп алуы бар бұрғылау, геофизикалық және тәжірибелік-сүзгілеу жұмыстары кіретін қосымша зерттеулер орындалды. «Балапан» алаңының аумағындағы таңдап алынған тірек ұңғымалары бірдей орналаспаған. Сәйкесінше, жерасты суларындағы техногенді радионуклидтердің таралуын бағалау тек 10 жеке телімдерде жүргізілді, бұл телімдер келесідей түрде бөлінген: «Солтүстік», «Солтүстік-Шығыс», «Орталық», «Заречье», «Оңтүстік-батыс», «Қаражыра», №1, №2, №3 және №4 телімдер (10-сурет).

Ұңғымалардың бірқатарында телімдерде жыл сайынғы радионуклидтік мониторинг жүргізілді. Зерттеулер көрсеткендей, тритий «Балапан» алаңындағы жерасты суларының негізгі ластанушысы болып табылады. Аталған радионуклидтің негізгі ерекше айырмашылығы - тритий судың құрамына кіреді және тау жыныстарына сіңбейді. Сондықтан ол жылыстау процестерінің мүлтіксіз индикаторы болып табылады. Осыған байланысты, радиоактивті өнімдердің ЖЯЖ орталық аймағынан тыс шығару сипатына бақылау жүргізу кезінде басты назар жерасты суларының сынамаларындағы тритийдің шоғырлануын анықтауға жасалды.

2.2.1. «Солтүстік» телімі

«Солтүстік» телімі «Балапан» алаңының солтүстік бөлігінде орналасқан (10-сурет). «Балапан» алаңының ЖЯЖ жүргізу үшін бұрғыланған, бірақ полигонның жабылуына байланысты пайдаланылмаған 1419 ұңғымасындағы жерасты суларын алдын ала зерттеулер нәтижелері бойынша ^3H және ^{90}Sr техногенді радионуклидтерінің ең көп шоғырлануы анықталған болатын. Ұңғыма палеозой іргетасы бедерінің майысуы аймағында орналасқан.



Шартты белгілер

- | | |
|--|----------------------------|
| ССП шекарасы | гидрогеологиялық ұңғымалар |
| «Балапан» алаңының шекарасы | әскери ұңғымалар |
| сузу ағынының бағыты | тоған-булаушы |
| карьерден аққан су сынамаларының іріктеп алу нүктесі | |

Зерттеліп жатқан телімдер

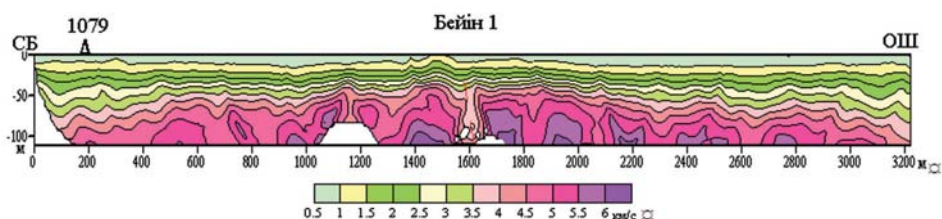
- | | |
|----------------------|----------------------------|
| 1 №1 телім | 6 «Қаражыра» телімі |
| 2 №2 телім | 7 «Солтүстік-Шығыс» телімі |
| 3 №3 телім | 8 «Орталық» телімі |
| 4 №4 телім | 9 «Заречье» телімі |
| 5 «Солтүстік» телімі | 10 «Оңтүстік-батыс» телімі |

10-Сурет. «Балапан» алаңының гидрогеологиялық сұлбасы
(абс. белгілердегі гидроизогипстер, м)

Радиоактивті ластанған жерасты суларының осы телімдегі сипатын зерттеу үшін, сондай-ақ ластанған су ағындарының 1419 ұңғымасы аймағында болжамды ауысу жолдарын анықтау үшін 2005 жылы геофизикалық, бұрғылау және тәжірибелік-сүзгілеу жұмыстарын қоса алғандағы кешенді зерттеулер жүргізілген болатын.

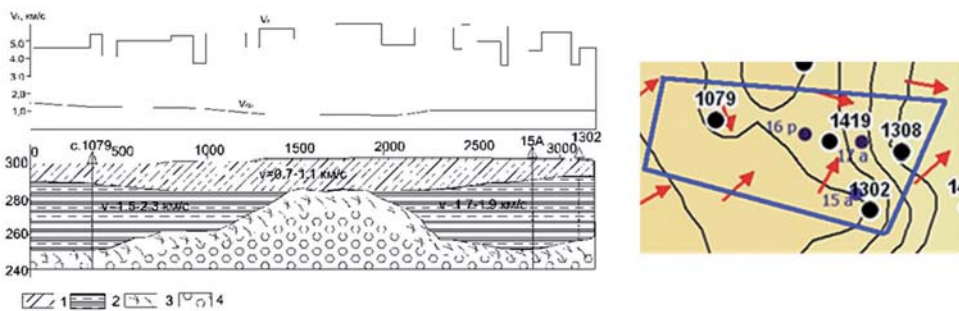
2.2.1.1. «Солтүстік» телімінің гидрогеологиялық жағдайлары

Гидрогеологиялық ұңғымалардың бұрғылау орындарын таңдап алу үшін телімде геофизикалық зерттеулер орындалды. 1079–1302 әскери ұңғымаларының жармасында бейін бойынша ұзындығы 9 км рефрагирленген толқындар әдісімен (РТӘ) сейсмикалық барлау және ВЭЗ әдісімен электрлік барлау жүргізілді. РТӘ сейсмикалық барлау 10 м қадаммен орындалды, құбылу бекетерімен (ҚБ) арасындағы ара қашықтық 110 м, алынған географтың максималды ұзындығы 1190 м. Алынған жылдамдық қимасы 11-суретте берілген.



11-Сурет. «Солтүстік» телімі. Жылдамдық қимасы 1079 ұңғыма арқылы

Кешенді талдау нәтижелері бойынша 1079–1302 ұңғымалар арқылы бейін бойынша геологиялық-геофизикалық кима құрылды (12-сурет), бұл саз көкжиектерінің төбесі мен етегінің геологиялық шекараларын бөлуге мүмкіндік береді.



а) б)

1 – құмдақ, саздақ, 2 – саз, 3 – экзогенді сызаттану аймағы, 4 – түпкілікті жыныс (туф)

12-Сурет. «Солтүстік» телімі: а) 1079–1302 бейін бойынша геологиялық-геофизикалық кима; б) ұңғымалардың орналасу сұлбасы

Геологиялық-геофизикалық киманы есепке ала отырып, үш гидрогеологиялық ұңғыма бұрғыланды: 15а (тереңдігі 71 м) – 1419–1302 ұңғымалардың жармасында, 1302 ұңғымасынан 250 м-де, 16р (тереңдігі 60 м) – 1419–1079 ұңғымалардың жарма-

сында, 1079 ұңғымасынан 1500 м-де, 17а (тереңдігі 114 м) –1419–1308 ұңғымалардың жармасында, 1308 ұңғымасынан 950 м-де (12,6-сурет).

Бұрғыланған ұңғымаларда тәжірибелік сорып шығарулар жүргізілді (3-кесте).

3-Кесте.

«Солтүстік» телімі. 15а – 17а ұңғымалардың сынау нәтижелері және жерасты суларындағы радионуклидтердің құрамы

Ұңғыманың нөмірі	Төмендік, м	Дебит, м ³ /тәулiк	Су өткізiмшiлiк, м ² /тәулiк	Сұлы көкжиектiң қалыңдығы, м	Сүзiлеу ко-эффицент, м/тәулiк	³ H, кБк/кг	⁹⁰ Sr, Бк/кг	¹³⁷ Cs, Бк/кг	Жақын «әскери» ұңғыма, км
15а	25,65	86,40	2,64	50	0,06	1215,33±6,07	1,98±0,10	0,27±0,07	$\frac{1302}{0,25}$
16р	3,60	43,20	3,60	40	0,08	-	-	-	-
17а	7,15	3,12	4,30	40	0,05	4764,62±23,72	0,47±0,14	0,011±0,003	$\frac{1308}{0,95}$
1419	-	-	-	-	-	1194	225	-	$\frac{1302}{1,3}$

Бұрғылау және геофизикалық жұмыстардың нәтижелері зерттеліп жатқан телімнің геологиялық құрылысын нақтылауға мүмкіндік берді. Телімнің ортасында 40 м дейін салыстырмалы төмпешік бар құзды іргетастың көтерілуі орнатылған. Сонымен, палеозой іргетасының зерттеліп жатқан жабық бұрылуы екі оқшау бұрылуға бөлінген. Сүзу сипаттамасы бойынша су сіңіргіш жыныстарды әлсіз сіңіргіштер ретінде жіктеуге болады ($K < 0,1$ м/тәул).

2.2.1.2 «Солтүстік» теліміндегі жерасты суларының радионуклидті ластануы

3-кестеде жерасты суларының сынамаларындағы техногенді радионуклидтердің шоғырлануын анықтау бойынша зертханалық талдау нәтижелері ұсынылған [2].

Гидрогеологиялық сынақ нәтижелері бойынша, 17а ұңғымасында тритийдің шоғырлануының аса жоғары мәндері табылған (4764,62 кБк/кг). Бұл кезде ⁹⁰Sr шоғырлануы 1419 ұңғымасындағы оның шоғырлануымен салыстырғанда (225 Бк/кг) шекті төмен мәндер деңгейінде (0,47 Бк/кг) қалды. 15а ұңғымасында 1419 ұңғымасындағыдай (1215,33 Бк/кг) тритий шоғырлануының жоғары мәндері табылды, бірақ стронцийдің шоғырлануының (1,98 Бк/кг) 1419 ұңғымасындағыға қарағанда өте аз.

10-суретте көрсетілген сүзу су ағынының құрылымы бойынша қарастырғанда, ластанған сулардың 1419 ұңғымасына түсуі, бәрінен бұрын, 1069, 1079 және 1302 «әскери» ұңғымаларынан шығады. Бұл кезде 1419 ұңғымасынан шығатын судағы ⁹⁰Sr жоғары мәндерінің бар болуының әзірге түсініктемесі жоқ.

«Солтүстік» телімінің шегінде тараған жерасты суларының зерттеу нәтижелері бойынша келесідей қорытындылар жасауға болады:

- палеозой жыныстарының экзогенді және тектоникалық сызаттану аймақтарына орайластырылған негізгі сулы кешен барлық жерде тараған және, көбінесе, ағынды сипаты бар;
- жерасты суларының негізгі бағыты – солтүстік-шығыстық;
- кешеннің сумен жеткілікті мол болуы жоғары емес, тиесілі дебиттер 0,001-ден 0,44 л/сек дейін өзгереді, кесінді бұзылулар әсер етуші аймақтарда 0,42–2,2 л/сек дейін өседі. Сүзілу сипаттамалары бойынша су сіңіргіш жыныстарды әлсіз сіңіргіштер ретінде жіктеуге болады ($K < 0,1$ м/тәул);
- жерасты суларындағы ^{137}Cs шоғырлануы азғантай және ауыз су үшін НРБ-99 АД_{тұрғ.} бекітілген көрсеткіштен аспайды [19];
- тритий және ^{90}Sr аталған телімдегі жерасты суларының негізгі радиоактивті ластаушылары болып табылады, олардың шоғырлануының мәндері ауыз су үшін НРБ-99 АД_{тұрғ.} бекітілген көрсеткіштен 619 және тиісінше 45 еседен асады;
- ластаушы көзден («әскери» ұңғымалар) алыстаған кезде тритийдің шоғырлануы көп төмендейді;
- 1419 ұңғымасында ^{90}Sr жоғары шоғырлануының әзірге түсініктемесі жоқ.

2.2.2. «Солтүстік-шығыс» телімі

Аталған телім «Балапан» алаңының солтүстік-шығыс бөлігінде орналасқан. Телім шектеріндегі жерасты суларының радиоактивті ластануы 1204, 1228, 1203, 1410 және 1411 «әскери» ұңғымаларда жүргізілген ЖЯЖ зардаптарына байланысты. Телімдегі радионуклидті ластану сипаты 9 бұрын бұрғыланған гидрогеологиялық ұңғымалардың сынақ нәтижелері бойынша зерттелді (10-сурет).

2.2.2.1. «Солтүстік-шығыс» телімінің геологиялық құрылысы

Зерттеулердің солтүстік-шығыс аумағында көбінесе жоғары визейдің көкпекті қабаты- төменгі карбонның намюрлық қабатының ($C_1v_3-n\cdot kp$) жанартаулық-тұнбалы жыныстары тараған. Оңтүстік-батыста пермьнің интрузивті жасалуларымен ($\alpha\beta\mu P$) – андезитті және диабазалық порфириттермен кесілген орта карбон бөкен қабатының тұнбалы шөгінділері дамыған (C_2bk), (13-сурет).

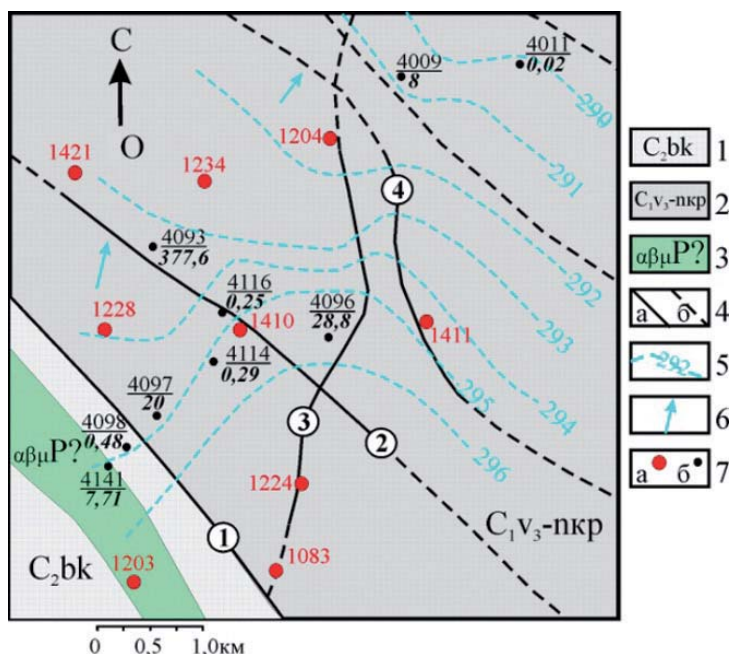
Құзды жыныстар литологиялық өзгергіштерімен сипатталады, катпарланумен және кесінді бұзылулармен күрделенген. Жыныстардың сызаттануының дәрежесі мен типі бойынша қимасында экзогенді желдену, тектоникалық сызаттану және салыстырмалы сақталған жыныстар аймақтары бөлінген.

Құзды жыныстар палеобедердің тегіс еместігін орындайтын және көлденең жатқан миоцен саздарымен (N_1) жабылған. Үстінен барлық жерінде аллювиальды генезистің қалыңдығы 15 м дейін құмдақтармен, құм-саздарға тәуелді қабаттары бар құмдармен және саздармен берілген ортатөрттік шөгінділері тараған. Тұнбалы қабаттың қалыңдығы 20–80 м жетеді.

Зерттеулер ауданында кесінді бұзылулар массивтің тұтастығының бұзылуы мен созылуының сипаты бойынша [СанНж/еЕ 2.02.85] мыналарға бөлінеді:

- солтүстік-батыста созылған (омырулардың нөмірленуі мұнда және ары қарай қарастырылып отырған телім үшін шартты түрде қабылданған) II еселік омырылу I;

- солтүстік-батыс және субмеридиандық созылған III еселік омырылу 2, 3, 4;
- көбінесе солтүстік-батыс, субмеридиандық және солтүстік-шығыста созылған аса жоғары еселік омырулар мен ірі сызаттар.



- (1–3 – сызатты және сызатты-желілік жерасты сулары: 1 – орта карбон бөкен қабатының тұнбалы шөгінділері, 2 – төмен карбон көкпекті қабатының жанартаулық-тұнбалы жыныстарында, 3 – пермьнің интрузивті жасалуларында; 4 – омырулар: а – анықталған, б – болжамды; 5 – 1989 жылға гидроизопьездер, абс. белгі м; 6 – жерасты сулары қозғалысының негізгі бағыты; 7 – ұңғыма және оның нөмірі: а – сынақ, б – бақылау, бөлігіштегі сан – жерасты суларындағы тритийдің құрамы, КБк/кг)

13-Сурет. «Солтүстік-шығыс» телімінің геологиялық-гидрогеологиялық жағдайлар сұлбасы

Байғозы-Бұлақ омыруы 1 –жыныстардың қатпарлану мен қабаттану аймағымен берілген (4094 және 4098 ұңғ.), төменгі карбонның көкпекті қабаты жанартаулық-тұнбалық жыныстары мен орта карбонның бөкен қабаты тұнбалық шөгінділері арасындағы тектоникалық шекара болып табылады [2].

2.2.2.2. «Солтүстік-шығыс» теліміндегі гидрогеологиялық жағдайлар

Палеозой жыныстарының экзогенді және тектоникалық сызаттану аймақтарына орайластырылған негізгі сулы кешен барлық жерде тараған және, көбінесе, ағынды сипаты бар. Жерасты суларының негізгі бағыты солтүстік, деңгейдің абсолюттік белгілері 296-дан 292 м дейін азаяды. Еңістің көлемі 0,002–0,003 құрайды.

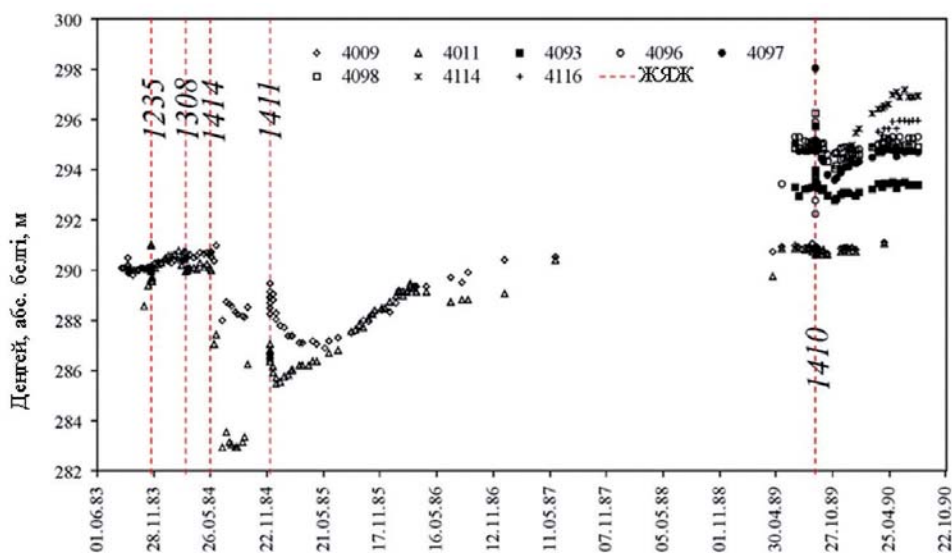
Жерасты суларының деңгейлік режімі жазықтық сипатта. Кешеннің суға толуы жоғары емес, тиесілі дебиттер 0,001-ден 0,44 л/сек дейін өзгереді, омырулы бұзылулар аймақтарында 0,42–2,2 л/сек дейін ұлғаяды. Жерасты сулары қалыпты тұзды және

3,7-ден 6,3 г/л дейінгі минералдануы бар тұзды, көбінесе хлоридті-сульфатты, сирек – сульфатты-хлоридті кальцийлі- және магнийлі-натрийлі, өте тұзды, судың реакциясы бейтарап.

Қалыптасу және циркуляция жағдайлары бойынша жерасты сулары сызатты және сызатты-желілік жатады, гидравликалық жағынан өзара байланысқан. Сулы кешен экзогенді және тектоникалық сызаттану аймақтарында дамыған:

- орта карбонның бөкен қабаты тұнбалық шөгінділері;
- төменгі карбонның көкпекті қабаты жанартаулық-тұнбалық жыныстары;
- пермьнің интрузивті пайда болулары.

6 км дейінгі арақашықтықта ағын бойынша жоғары орналасқан 1414 және 1411 ұңғымаларында ЖЯЖ жүргізу жерасты суларының пьезометриялық бетінің жарты жыл ағымында 9 м дейінгі амплитудамен төмендеуіне әкелді. 4009–4011 ұңғымалар жармасындағы деңгейлердің айырмашылығы, мысалы, ЖЯЖ қиылысқан тектоникалық сызаттану аймақтарының қалыптасуы есебінен сулы кешеннің аймақтық құрғатумен байланысты жерасты су ағынының қайта таралуы туралы жанама түрде растайды. 1410 ұңғымасында ЖЯЖ жүргізу 1 км дейінгі радиуста байқалған жерасты сулары режимінің қысқа мерзімді бұзылуына әкелді (14-сурет) [10].



14-Сурет. «Солтүстік-шығыс» телімі. Жерасты сулары деңгейінің диаграммалары

2.2.2.3. «Солтүстік-шығыс» теліміндегі жерасты суларының радионуклидтік ластануы

9 бақылау ұңғымаларынан сынамаларды іріктеп алу нәтижелері бойынша 1204, 1228, 1203 және 1411 ұңғымаларда ЖЯЖ жүргізуімен байланысты жерасты суларының радиоактивті ластануының 4 сәулесі бөлінуі мүмкін (13-сурет, 4-кесте) [1, 2].

4-Кесте.

«Солтүстік-шығыс» телімі. Жерасты суларындағы радионуклидтердің құрамы

ЖЯЖ күні	*Ара қашықтық, км	Ұңғ. №	Іріктеп алу күні	³ H, кБк/кг	⁹⁰ Sr, Бк/кг	¹³⁷ Cs, Бк/кг	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu, Бк/кг
Төменгі карбонның жанартаулық-тұнбалық жыныстарындағы сызатты және сызатты-желілік сулар							
1204 1972	0,9	4009	2004	7,12	0,07	0,003	-
			2005	7,90	0,08	0,03	-
			2007	8,23	0,01	0,03	-
			2010	5,00	0,01	< 0,02	< 0,006
	2,1	4011	2004	0,02	0,12	< 0,02	-
1228 1978	0,9	4093	2004	321,22	6,50	0,002	-
			2005	-	5,45	1,17	-
			2007	390,41	0,25	1,17	-
			2010	300,00	-	<0,03	< 0,002
	1,0	4097	2004	20,00	1,30	0,20	-
			2005	-	0,33	0,20	-
			2007	10,45	1,30	0,01	-
			2010	10,00	-	-	-
1410 1989	1,1	4114	2004	0,29	-	-	< 0,002
	1,12 (0,3)	4116	2004	0,25	0,03	0,02	-
			2005	0,21	0,81	0,26	-
1411 1984	0,95	4096	2004	28,80	0,20	0,03	-
			2005	-	0,30	0,03	-
			2010	5,00	<0,01	<0,03	< 0,002
Орта карбонның (4098 ұңғ.) және пермь интрузивті пайда болуларының (4141 ұңғ.) тұнбалық жыныстарындағы сызатты және сызатты-желілік сулар							
1203 1981	0,8	4141	2004	7,71	0,24	<0,005	-
			2007	1,74	0,24	0,01	-
			2008	0,30	0,01	0,01	< 0,002
	1,0	4098	2004	0,48	-	-	-
			2007	0,46	-	-	-
			2008	0,10	0,07	0,10	< 0,002
Ескерту: * Гидрогеологиялық ұңғымадан жерасты сулары ағындарының қозғалыс бағыты бойынша орналасқан жақын «әскери» ұңғымаға дейінгі ара қашықтық "- " – өлшеулер жүргізілген жоқ							

Судың барлық зерттелген сынамаларында ⁹⁰Sr және ¹³⁷Cs шоғырлану мәндері көп емес және РҚН-99 АД_{тұрғ.} бекітілген ауыз суға арналған деңгейден аспайды. Сол уақытта тритийдің құрамы мәндердің кең диапазонында өзгереді. Тритийдің максималды шоғырлануы 4093 бақылау ұңғымасында байқалған (390,41 кБк/кг), бұл РҚН-99 АД_{тұрғ.} бекітілген, 7,7 кБк/кг құрайтын ауыз суға арналған деңгейден 50 есе жоғары. Жерасты суларының ластанған ағыны бұл ұңғымаға оңтүстік-батысқа қарай 0,9 км-

де орналасқан 1228 ұңғымасынан түседі. 1228 ұңғыманың сағасында қазіргі уақытта көміртегі мен метанның оксидтарының басым болуымен газдардың шығуы тіркелген, бұл осы телімде тау жыныстары массивінің көретіндей деформациялануы туралы жанама түрде растайтынын атап өткен дұрыс [20].

1204 ұңғымасынан солтүстік-шығысқа қарай, жерасты суларының ағыны бойынша төмен орналасқан 4009 және 4011 бақылау ұңғымаларында тритийдің құрамы жоғары емес және заңды түрде азаяды. Бәрінен бұрын, бұл 1204 ұңғымасынан аққан ластанған сулардың негізгі ағынының солтүстік-шығыс бағытта тектоникалық омырулармен құрғауына байланысты (13-сурет).

4096 ұңғымасындағы тритийдің жоғары шоғырлануы 1411 ұңғымасындағы ЖЯЖ жерасты суларының ластануына байланысты. Бұл жерасты суларының режимін бақылау қорының деректерімен расталады (14-сурет). Ұсынылған диаграммада көрінгендей, 4096 ұңғымасы 1411 ұңғымасындағы ЖЯЖ кейін пьезометриялық бетінің соңынан қалпына келуі мен құрғауының әсері етуші аймағында орналасқан.

4114, 4098 бақылау ұңғымалары мен 1203 сынақ ұңғымасы Байғозы-Бұлақ омыруынан оңтүстікке қарай, жаншылудың Жанан аймағы шектерінде орналасқан. Тритийдің аса жоғары шоғырланулары 4098 ұңғымасымен салыстырғанда 4141 ұңғымасында байқалған, өйткені 1203 сияқты 4141 ұңғымасы да интрузивті пайда болулардың сызатты және сызатты-желілік суларының сол бір сулы кешенін ашады. 4098 салыстырғандағы 4097 ұңғымасындағы тритийдің аса жоғары шоғырлануы Байғозы-Бұлақ омыруының әсер етуші аймағы бойынша 1083 және 1224 «әскери» ұңғымаларынан аққан ластанған сулардың түсуімен байланысты болуы мүмкін.

2010 жылы 4093, 4096, 4097 ұңғымаларынан судың сынамаларын қайтадан іріктеп алу нәтижелері жерасты суларындағы тритийдің шоғырлануының біртіндеп төмендеу процесінің бар болуын көрсетеді (4-кесте).

«Солтүстік-шығыс» телімінің шектерінде таралған жерасты суларын зерттеу нәтижелері бойынша келесідей қорытындылар жасауға болады:

- палеозой жыныстарының экзогенді және тектоникалық сызаттану аймақтарына орайластырылған негізгі сулы кешені барлық жерде тараған және көбінесе ағынды сипаты бар;
- жерасты суларының негізгі бағыты солтүстік;
- кешеннің суға толуы жоғары емес, тиесілі дебиттер 0,001-ден 0,44 л/сек дейін өзгереді, омырулы бұзылулардың әсер етуші аймақтарында 0,42–2,2 л/сек дейін ұлғаяды. Жерасты сулары қалыпты тұзды және 3,7-ден 6,3 г/л дейін минералдануы бар тұзды;
- сулардың барлық сынамаларындағы ^{90}Sr және ^{137}Cs шоғырлануы көп емес және РКН-99 АД_{тұрғ.} бекітілген ауыз суға арналған деңгейден аспайды. Телімнің жерасты суларындағы $^{239+240}\text{Pu}$ құрамы 0,002 Бк/кг тең МРБ аспайды;
- жерасты суларының негізгі радиоактивті ластаушысы тритий болып табылады. Тритийдің максималды шоғырлануы 4093 (390,41 кБк/кг) ұңғымасында байқалған, бұл РКН-99 АД_{тұрғ.} бекітілген ауыз суға арналған деңгейден 50 есе көп;
- жерасты суларындағы тритий шоғырлануының жоғары мәндері «әскери» ұңғымалардан 1,5–2,0 км;

- дейін жерасты суларының қозғалыс бағыты бойынша тараған тізбекті созылған аймақтар үшін тән. «Әскери» ұңғымадан ара қашықтық ұлғайған сайын тритийдің шоғырлануы едәуір төмендейді;
- аталған телімдегі тритий шоғырлануының жоғары мәндері тектоникалық омырулардың, аса қарқынды бұзылуларға ұшыраған телімдердің аймақтары үшін, сондай-ақ интрузивті пайда болулардың сызатты және сызатты-желілік суларының сулы кешені үшін тән.

2.2.3. «Оңтүстік-батыс» телімі

Зерттеулер телімі «Балапан» алаңының оңтүстік-батысында шетте орналасқан және көлемі 14 км² алаңды алып жатыр. 1987 жылы 27 желтоқсанда ядролық қаруды жетілдіру мақсатында 1388 «әскери» ұңғымасында қуаттары 20–150 кт және 0,001–20 кт екі ЯӨ топтық ЖЯЖ жүргізілді.

ЖЯЖ радиоактивті өнімдердің жерасты суларымен бірге «Балапан» алаңынан тыс болжамды шығуына байланысты аталған телімдегі зерттеулерге аса назар аударылды. Өйткені ол «Балапан» алаңы шекарасының оңтүстік-батыс шектерінде орналасқан және ЖЯЖ Қалба-Шыңғыс аймақтық омыруының әсер етуші солтүстік аймағына жақын жүргізілген.

2.2.3.1. «Оңтүстік-батыс» телімінің геологиялық құрылысы

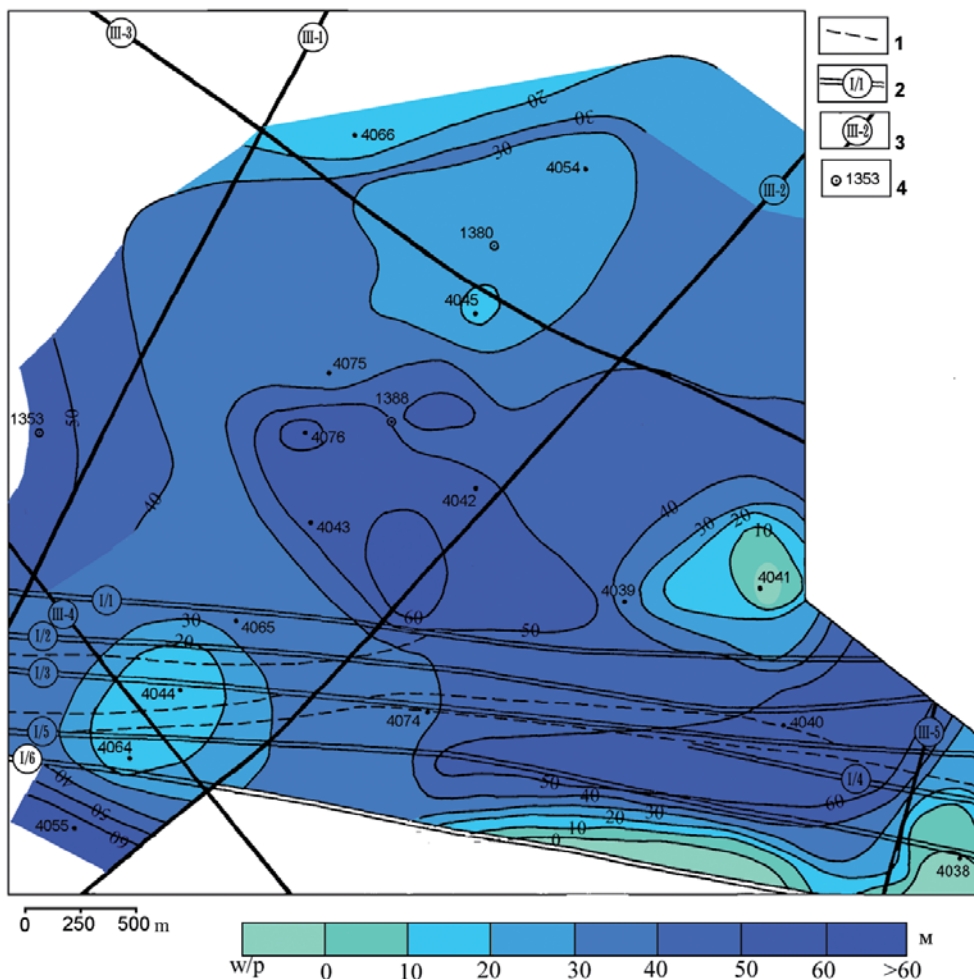
Телімнің аумағы аймақтық Қалба-Шыңғыс терең омыруымен әр түрлі, көлемі бойынша тең емес екі құрылымдық-формациялық аймаққа бөлінген (15-сурет).

Телімнің солтүстік бөлігі Ертіс-Зайсан мегасинклинориясының құрамына кіреді және төменгі таскөмірлі терригендермен, кремнийлі және төменгі карбонның жанартаулық шөгінділерімен қабатталған (C₁tkn). Оңтүстік бөлігі Шыңғыс-Тарбағатай мегантиклинориясына орайластырылған, орта кембрияның жыныстарымен (C₂md) жасалған.

Зерттеу телімі СНж/еЕ 1.02.07-87 сәйкес бөлінген I еселік Қалба-Шыңғыс аймақтық омырудың әсер етуші аймағында орналасқан, және субендік бағыттың I/1 – I/6 жақындатылған омырулар сериясымен берілген. Аумақтың солтүстік бөлігінде аймақтық омыруға субпараллель аса жоғары еселіктері (7–9) бар омырулық бұзылулар тарауы бөлінген. Солтүстік-батыс және солтүстік-шығыста созылған омырулы бұзылулар жоғары сызаттану мен ұсатылу аймақтарымен берілген.

2.2.3.2. «Оңтүстік-батыс» телімінің гидрогеологиялық жағдайы

Аумақтың гидрогеологиялық жағдайы геологиялық құрылысының ерекшеліктеріне және омырулық бұзылулардың бар болуына байланысты. Сызатты және сызатты-желілік типті жерасты сулары, тиісінше, палеозой іргетасының экзогенді желденуіне және омырулы бұзылуларына орайластырылған.



(1 – геологиялық шекара; 2,3 – омырулар, олардың рангы мен нөмірлері:
2 – I еселік, 3 – III еселік 4 – ұңғыма және оның нөмірі)

15-Сурет. 1388 нысанында ЖЯЖ дейін жерасты сулары ағындарының таралу сұлбасы

Сызатты сулар мезо-кайнозой пайда болуларының борпылдақ қабатында андасанда кездесу арқылы дамиды. Салыстырмалы су сіңірмейтін (неоген сазы) немесе тұнбалық қабатының біршама құмдануының кірігу орындарында саңылаулы-сызатты сулардың бірыңғай сулы кешенінің қалыптасуы байқалады (тиісінше, 4041 және 4040 ұңғымалары).

Жерасты сулары 2,1 м-ден 78,5 м дейін тереңдікте ашылған. Пьезометриялық деңгейлер 61,7 м дейін ағын жасай отырып, 4,1-ден 23 м дейін өзгереді. Орталық блоктың оңтүстік-шығыс бөлігінде пьезоизогипспен 50-мен шектелген ағындардың жоғары мәндерінің жабық гидрогеологиялық құрылымы бөлінген. Солтүстік-батыс және солтүстік-шығыста созылған омырулы бұзылулардың қиылысу желілерінде ағындар-

дың мөлшерінің 20–40 м дейін төмендеуі байқалады. Ағындардың аса жоғары ауысуы шығыс блокта байқалады, оның ортасында салыстырмалы су ағынының қиылысуына байланысты ағынсыз жерасты сулары тараған.

Жерасты суларының қозғалысы көбінесе 0,003 орташа еңістікпен солтүстік-батыс бағытта жүреді (15-сурет). Пьезометриялық бетінің абсолюттік белгілері алаң бойынша әр түрде өзгереді. Орталық блок шектерінде 334–334,2 м құрайды, солтүстік-шығыс блокта – 334,4 м, шығыс блокта 336–336,2 м дейін ұлғаяды, оңтүстік-шығыста 343,9 м жетеді. Аймақтық омырудың әсер етуші аймағында пьезометриялық беті шығыс бағытта еңкейген, абсолюттік белгілер оңтүстік-шығыста 334–360,4 м-ден (4038, 4040 ұңғ.) және солтүстік-шығыста 332,8 м дейін төмендейді.

ЖЯЖ дейін жүргізілген ұңғымалардың гидрогеологиялық сынақ нәтижелері 5-кестеде келтірілген.

5-Кесте.

Ұңғымалардың гидрогеологиялық сынақ нәтижелері

Ұңғыма №	Судың деңгейі, м		Ағын мөлшері, м	Дебит Q, л/сек	Төмендеу S, м	Тиесілі дебит q, л/сек	Жыныстардың су өткізгіштігі км, м ² /тәул.
	пайда болған	бекітілген					
4039	36	4,1	31,9	0,40	32,2	0,01	1,3
4040	61	18	43	0,03	34,0	0,001	0,1
4041	2,1	2,1	-	0,08	43,2	0,002	0,2
4042	66	9,2	56,8	2,08	19,6	0,11	14,3
4043	69,9	16,6	53,2	0,21	30,2	0,01	0,9
4045	39	15,9	23,1	0,91	11,7	0,08	10
4054	37,5	13,2	24,3	0,36	12,1	0,03	3,9
4038	36	4,1	31,9	0,40	32,2	0,01	1,3
4044	39,5	23	16,5	0,40	14,8	0,03	3,5
4055	71	9,3	61,7	0,23	17,3	0,01	1,3

Ұңғымалармен ашылған, блоктардың шектерінде орналасқан жерасты суларының жоғары емес сутолымдылығы бар 1,3 м²/тәул. дейін. Әр түрлі еселіктегі омырулы бұзылулардың бар болуы су сіңіргіш ортаның сұзу параметрлерінің біртексіздігін анықтайды. Қалба-Шыңғыс омыруының әсер етуші аймағында жыныстардың су өткізгіштігі 0,05 м²/тәул.–тен (4040 ұңғ.) 3,5 м²/тәул. дейін өзгереді (4044 ұңғ.), омырулы бұзылуларға жақын аса жоғары еселік 14,3 м²/тәул. дейін ұлғаяды.

Ұңғымалық расходометрия деректері бойынша тереңдеген сайын сызатты массивтің сусыздануының заңды төмендеуі анықталған. Сұзу коэффициенті тектоникалық сызаттану аймағында ұлғая келе, 1–1,6 м/тәул. құрайды.

Сонымен, бөлінген блоктар арасындағы гидравликалық байланыс шектерінде деңгей ондаған метрге жететін пьезометриялық беттің құрылған сұлбаларға сәйкес блоктар арасындағы деңгейлер айырмашылығы аяқталғаннан қиындатылғанға дейін өзгеруі мүмкін [11].

2.2.3.3.«Оңтүстік-батыс» теліміндегі жерасты суларының радионуклидті ластануы

Гидрогеологиялық ұңғымалардан іріктеп алынған жерасты сынамаларының зертханалық талдау нәтижелері 6-кестеде көрсетілген [1, 2].

6-Кесте.

«Оңтүстік-батыс» телімі. Жерасты суларындағы радионуклидтердің құрамы

ЖЯЖ күні	*Ара қашықтық, км	Ұңғ. №	Іріктеп алу күні	³ H, кБк/кг	¹³⁷ Cs, Бк/кг	⁹⁰ Sr, Бк/кг	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu, Бк/кг
Төменгі карбонның сулы кешені							
Орталық блок							
1388 1987	0,4	4075	2003	437,35	1,30	37	-
			2004	561,70	0,28	37	<0,002
	0,4	4076	2003	55,28	<1,30	0,40	-
			2004	51,44	0,01	1,32	-
			2007	42,26	-	-	-
			2008	50	0,05	<0,01	-
	0,6	4045	2003	13,15	<0,60	1,20	-
			2004	21,54	0,002	0,03	-
	0,6	4043	2003	0,28	0,90	0,10	-
			2004	<0,16	0,01	2,01	-
			2005	0,13	0,90	0,30	-
			2007	0,10	-	-	-
Солтүстік-шығыс блок							
1388 1987	1,2	4066	2002	<0,16	-	-	-
			2003	<0,16	-	-	-
			2004	<0,16	0,004	0,07	-
			2005	<0,16	-	-	-
			2007	0,03	0,30	0,20	-
	1,4	4054	2002	<0,16	-	-	-
			2003	<0,16	-	-	-
			2004	<0,16	0,003	0,03	-
			2007	<0,01	-	-	-
			2008	0,10	<0,01	0,14	<0,002
Оңтүстік-шығыс блок							
1388 1987	1,3	4039	2004	0,16	1,50	0,25	-
Орта кембрияның сулы кешені							
Қалба-Шыңғыс омырудың әсер етуші оңтүстік аймағында							
1354 1985	3,6	4064	2002	<0,16	-	-	-
			2003	<0,16	-	-	-
			2004	<0,16	0,01	0,03	-
			2007	0,02	1,20	0,50	-
			2008	<0,01	0,02	<0,01	<0,002
Қалба-Шыңғыс омырудың әсер етуші аймағынан тыс							

ЖЯЖ күні	*Ара қашықтық, км	Ұңғ. №	Іріктеп алу күні	³ H, кБк/кг	¹³⁷ Cs, Бк/кг	⁹⁰ Sr, Бк/кг	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu, Бк/кг
1354 1985	3,5	4055	2002	<0,16	-	-	-
			2003	<0,16	-	-	-
			2004	<0,16	0,002	0,09	-
			2007	<0,01	-	-	-
			2008	0,04	-	-	<0,002
Ескерту: * Гидрогеологиялық ұңғымадан жерасты сулары ағынының қозғалыс бағыты бойынша орналасқан жақын «әскери» ұңғымаға дейінгі ара қашықтық "- " – өлшеулер жүргізілген жоқ							

Кестелік деректер бойынша барлық су сынамаларында ¹³⁷Cs шоғырлануы МРБ деңгейінде тұрғандығын атап өтуге болады. Көптеген сынамалар үшін ⁹⁰Sr шоғырлануы < 0,1-ден 37,0 Бк/кг дейін құбылады. ⁹⁰Sr максималды шоғырлануы 4075 ұңғымасынан аққан суда байқалған, мұнда ол 37 Бк/кг құрады, бұл РҚН-99 АД_{тұрғ.} бекітілген ауыз суға арналған 5 Бк/кг тең деңгейден 7 есе артық. Жерасты суларындағы тритийдің шоғырлануы < 0,01-ден 561,70 кБк/кг дейінгі мәндердің кең диапозонында өзгереді. Тритийдің максималды шоғырлануы 4075 ұңғымасында табылған, мұнда ол 561,70 кБк/кг жетті, және бұл РҚН-99 АД_{тұрғ.} бекітілген ауыз суға арналған 7,7 Бк/кг тең деңгейден 73 есе асады.

Радионуклидтердің алаңдық таралу сипаты гидрогеологиялық жағдайлардың келесі ерекшеліктерімен түсіндіріледі. Жыныстардың сүзгіштік біртексіздігі көбінесе аз және алаң бойынша бірдей емес, бұл аталған телімде әр түрлі реттік омырулы бұзылулардың бар болуына байланысты. Жоғарыда айтылғандай, жерасты суларының негізгі бағыты солтүстік-батыс болып табылады. Жерасты ағынының қосымша құйылуы солтүстік-шығыс және оңтүстік бағыттарда жүруі мүмкін [12]. Көрсетілген ерекшеліктер 075 және 4076 (561, 70 және тиісінше 55,3 кБк/кг) ұңғымаларда тритийдің жоғары шоғырлануы бар екендігін түсіндіреді. Сонымен бірге бұл ұңғымалар басқаларына қарағанда 1388 «әскери» ұңғымасына жақын орналасқан. 4045 ұңғымасында тритий шоғырлануының жеткілікті жоғары мәндерінің бар болуы ұңғыманың 1388 ұңғымасынан аққан жерасты сулары қозғалысымен бір бағытта орналасқандығына байланысты. 4043 ұңғымасынан аққан суда тритийдің шоғырлануы 4045 ұңғымаға қарағанда көп аз, бұған қарамастан ол 1388 ұңғымасынан оңтүстік-батысқа қарай шамамен алғанда бірдей ара қашықтықта орналасқан. Бұл жерасты суларының 1388 ұңғымасынан оңтүстік-батыс бағытта ауысуы басқа бағыттарға қарағанда көп төмен екендігін түсіндіреді. 4064, 4055, 4054 және 4066 ұңғымаларында тритийдің төменгі мәндерінің бар болуын, бірінші кезекте, олардың 1388 ұңғымасынан алыста болуымен түсіндіруге болады.

2002 жылдан 2008 жылға дейін телімде жерасты суларындағы радионуклидтер құрамына жыл сайынғы мониторинг жүргізіледі. Кестелік талдау жерасты суларындағы тритийдің шоғырлану динамикасының сипатының күрделі және бірдей емес сипатта екендігін көрсетеді. 4064 және 4076 ұңғымаларында тритийдің құрамы іс жүзінде өзгерген жоқ, 4043, 4066 және 4054 ұңғымаларында аздаған ұлғаю байқалған, ал 4075 ұңғымасында 2003 жылмен салыстырғанда тритийдің құрамы едәуір төмендеген.

«Оңтүстік-батыс» телімінің шектерінде тараған жерасты суларын зерттеу нәтижелері бойынша келесідей қорытындылар жасауға болады:

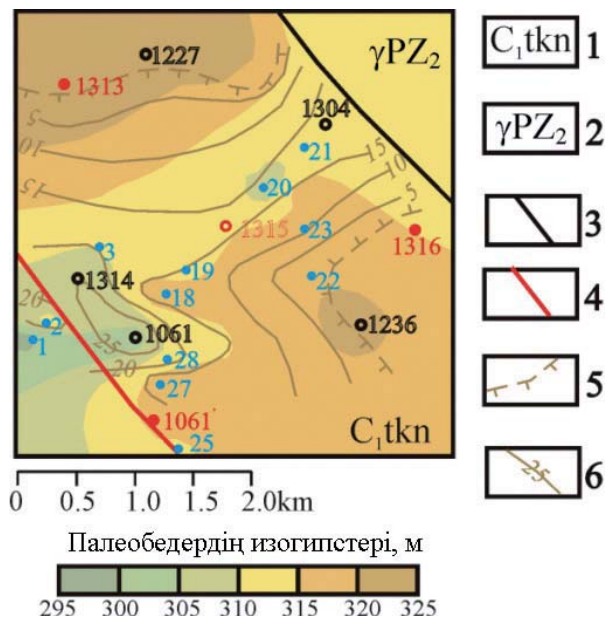
- палеозой жыныстарының экзогенді және тектоникалық сызаттану аймақтарына орайластырылған негізгі сулы кешені барлық жерде тараған және көбінесе ағынды сипаты бар;
- жерасты сулары қозғалысының көбінесе орта еңісі 0,003 солтүстік-батыс бағытта жүреді;
- әр түрлі реттік омырулы бұзылулардың бар болуы су сіңіргіш ортаның сұзу параметрлерінің біртектілігін алдын ала анықтайды. Жыныстардың су өткізгіштігі 0,05 м²/тәул.-тен 3,5 м²/тәул. дейін өзгереді, омырулы бұзылуларға жақын жерде аса жоғары еселік 14,3 м²/тәул. дейін ұлғаяды. Сұзу коэффициенті тектоникалық сызаттану аймақтарында 5 м/тәул. дейін ұлғая отырып, 1–1,6 м/тәул. құрайды;
- ¹³⁷Cs шоғырлануы 0,002-ден 1,3 Бк/кг дейінге тең МРБ деңгейінде тұр. Сынамалардың көбі үшін ⁹⁰Sr шоғырлануы 0,1-ден 2,0 Бк/кг дейін өзгереді. ⁹⁰Sr максималды шоғырлануы 4075 ұңғымасынан аққан суда табылған, бұл жерде ол 37 Бк/кг құрады, және бұл РҚН-99 АД_{тұрғ.} бекітілген ауыз суға арналған деңгейден 7 есе артық. ²³⁹⁺²⁴⁰Pu телімдегі жерасты суларындағы құрамы 0,002 Бк/кг тең МРБ аспайды;
- Жерасты суларындағы тритийдің шоғырлануы 0,01-ден 55,3 кБк/кг дейін өзгереді. Тритийдің максималды шоғырлануы 4075 ұңғымасында табылған, мұнда ол 437,4 кБк/кг жетті, және бұл РҚН-99 АД_{тұрғ.} бекітілген ауыз суға арналған 7,7 Бк/кг тең деңгейден 57 есе артық;
- ластанған су аумақтарының жылжуы, негізінен, жерасты суларының ауысу бағытымен сәйкес келеді және солтүстік-батыс бағыты бар;
- жерасты суларындағы радионуклидтердің таралуы телімінің геологиялық-құрылымдық жағдайына тәуелді. Аса радиоактивті ластануға төменгі карбонның орталық блогының шектерінде тараған жерасты сулары ұшыраған. Оңтүстік-шығыс блоктың жерасты суларындағы радионуклидтердің салыстырмалы жоғары құрамы солтүстік-шығыспен салыстырғанда жерасты суларының аймақтық Қалба-Шыңғыс омыруға қарайғы бағыт бойынша транзиті туралы жанама растайды;
- орта кембрияның сулы кешенінде радионуклидтердің бар болуы 1354 ұңғымасындағы 1985 жылы жерасты суларының режімінің бұзылуын және пьезометриялық бетінің ұзақ қалпына келуіне әкелген ЖЯЖ жүргізуге байланысты болған. Орта кембрия сулы кешенінің жоғары радиоактивті ластануы Қалба-Шыңғыс омыруының оңтүстік әсер етуші аймағында тіркелген.

2.2.4. «Орталық» телімі

Зерттеліп жатқан телім «Балапан» алаңының орталық бөлігінде орналасқан. 1061-бис, 1061, 1314, 1315 және 1236 «әскери» ұңғымаларында жүргізілген ЖЯЖ орталық аймақтары телімдегі жерасты суларының радиоактивті ластануының негізгі көздері болып табылады. Жерасты суларының радионуклидті ластану сипатын бағалау 8 бұрын бұрғыланған гидрогеологиялық ұңғыманы сынау нәтижелері бойынша жүргізілген (16-сурет).

2.2.4.1. «Орталық» телімінің геологиялық құрылысы

«Орталық» телімі аллювиальды-пролювиальды жазықтық шектерінде орналасқан. Телімінің геологиялық құрылысында көбінесе құмдақтармен, туфокұмдармен, тақтастармен солтүстік-шығыста жыныстардың құлауы бар, қағпарланған төменгі қабат турней қабатының қоянды қабатының тұнбалық-эффузивтік шөгінділері ($C_1t \cdot kn$) қатысады (16-сурет).



(осында және ары қарай: 1 – төменгі карбонның эффузивті-тұнбалық шөгінділері; 2 – жоғары палеозойлық интрузивті пайда болулар; 3 – геологиялық шекара; 4 – омырулы бұзылу; 5, 6 – неоген шөгінділері (суға төзімді саздар): 5 – таралу шекарасы бергітрихтармен; 6 – қалыңдығының изосызығы, м)

16-Сурет. Телімінің палеобедерінің сұлбасы

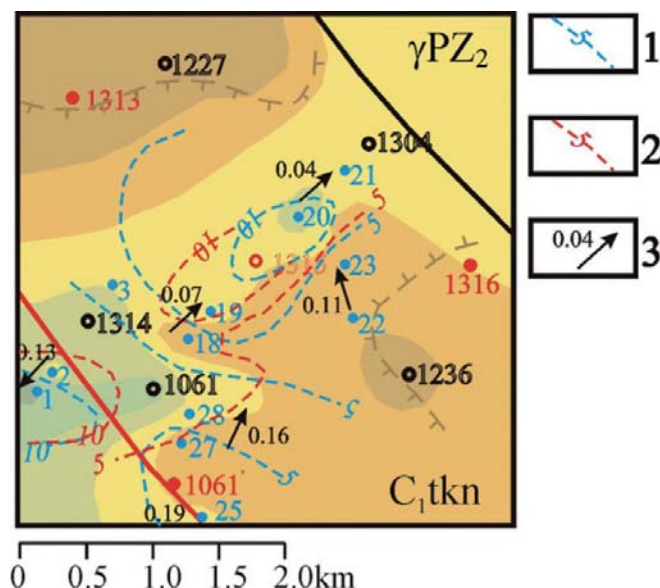
Оңтүстік-батыс шекарасы бойымен солтүстік-батыста созылған, аймақтық құрылымдардың бағытына сәйкес омырулы бұзылулар бөлінген. Қарастырылып отырған бұзылу гидрогеологиялық белсенді болып табылады, өйткені жұмыстардың аудан шегінен тыс шеткі оңтүстік-шығыста 10 км аса арақашықтықта, жерасты суларының коректену облысының қызметін атқаратын ұсақ шоқылардың шектерінде байқалған.

Жергілікті жыныстардың литологиялық құрамы мен физикалық-механикалық қасиеттерінің өзгергіштігі жергілікті жыныстардың жабынды бетінің көптеген кесілуін анықтайды. Палеобедердің биіктігінің өзгергіштігі 30 м жетеді (16-сурет). Солтүстік-шығыс бағытта етегінің аяқ жағы оңтүстік-батысқа еңіс келетін палеоалқап созылып жатыр. Палеобедердің түзу еместігі палеоалқаптың қалыңдығының 5-тен 20 м дейінгі және одан көп заңды түрде ұлғаюы бар неоген саздарымен орындалған.

Солтүстік-батыста және шығыста биіктеу телімдер неоген саздарының кірігуімен сипатталады, және жерасты суларының инфильтрациялық коректену аймақтарының қызметін атқаратын «эрозиялық терезелер» ретінде берілген.

2.2.4.2. «Орталық» телімінің гидрогеологиялық жағдайлары

«Орталық» телімінің шектерінде жерасты сулары жергілікті жыныстардың экзогенді желденуінің жоғарғы аймағына орайластырылған және 15,2-ден 37 м дейін тереңдікте ашылады. Ағындардың таралуы телімнің палеобедеріне сәйкес келеді. Палеоалқаптың терең жерлерінің шектерінде ағындар 10-ға дейін және одан да көп метрге жетеді, қапталдарында – азаяды (17-сурет). Телімнің шығысында ағынсыз жерасты сулары дамыған. Солтүстік-батыста созылып жатқан омырулы бұзылулардың бойымен ағынның мөлшері 3,6-дан 7,5 м дейін ұлғаяды.



(1, 2 – жерасты сулары ағындарының изосызықтары: 1 – табиғи жағдайларда, 2 – ЖЯЖ жүргізу кезінде техногенді-бұзылған 1318 ұңғымасында; 3 – табиғи жағдайлардағы жерасты сулары қозғалысының негізгі бағыты және деңгейінің төмендеу жылдамдығы)

17-Сурет. Ағындардың таралу сұлбасы

Қарастырылып жатқан телім солтүстік-шығыстағы негізгі бағыты бар транзиттік жерасты суларының облысында орналасқан. Жерасты ағынның солтүстік- және оңтүстік-батыс бағыты бойынша жергілікті ауытқуы мүмкін, гидрогеологиялық белсенді омырулы бұзылудың бар болуы мен бұзылу бойымен орналасқан ұңғымаларда ЖЯЖ жүргізуге байланысты шығар [13].

Геологиялық қимада тік аймақтық ұсталынады. Орналасу тереңдігінің ұлғаюымен су сіңіргіш жыныстардың сүзгіштік қасиеттері төмендейді. Су өткізгіштіктің мәндерінің тегіс емес шашырауы гидрогеологиялық сынақтың әр түрлі кезеңдерінде ЖЯЖ жүргізілуіне байланысты.

Жерасты сулары қалыпты тұзды және 3,7–6,2 г/л минералдануы бар тұзды, орталық бөлімде минералдану 7,4–7,6 г/л дейін ұлғаяды. Құрамы бойынша жерасты сулары сульфатты-хлоридті, ортасында – хлоридті-сульфатты магнийлі-натрийлі, кермек, судың реакциясы әлсіз қышқыл.

2.2.4.3. «Орталық» теліміндегі жерасты суларының радионуклидтік ластануы

Жерасты сулары сынамаларының зертханалық талдау нәтижелері 7-кестеде берілген [1, 2].

7-Кесте.

«Орталық» телімі. Жерасты суларындағы радионуклидтердің құрамы

ЖЯЖ күні	*Ара қашықтық, км	Ұңғ. №	Іріктеп алу күні	³ H, кБк/кг	¹³⁷ Cs, Бк/кг	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu, Бк/кг	⁹⁰ Sr, Бк/кг
1061 1972	0,5	4018	2004	3,22	0,01	-	0,09
			2005	5,39	0,02	-	0,07
			2007	1,44	0,02	-	0,56
			2010	0,05	<0,01	<0,002	<0,01
1236 1981	0,6	4022	2004	0,22	0,003	-	0,10
			2005	0,03	1,16	-	0,78
			2007	0,01	1,16	-	0,08
			2008	0,10	<0,02	<0,002	0,03
	1,0	4023	2004	0,06	0,01	-	0,07
			2005	0,02	0,18	-	0,14
			2007	<0,01	0,18	-	0,01
			2008	0,10	<0,01	<0,002	<0,01
1314 1982	0,4	4003	2004	0,04	0,04	-	0,04
			2005	0,21	0,01	-	0,04
			2007	0,01	0,01	-	0,01
			2008	0,04	<0,01	-	<0,01
			2010	-	0,12	<0,002	0,20
	0,6	4001	2004	2,68	0,01	-	0,07
			2005	0,02	0,02	-	0,04
			2007	<0,01	0,02	-	<0,01
			2008	0,02	<0,03	<0,002	<0,01
1061-bis 1985	0,3	4027	2004	0,45	0,01	-	0,04
			2005	-	0,06	-	0,17
			2007	1,24	0,02	-	0,70
			2008	0,50	<0,01	-	0,02
			2010	1,80	<0,01	<0,002	<0,01
	0,4	4025	2004	0,04	0,01	-	0,11
			2005	0,06	0,01	<0,002	6,42
	0,5	4028	2004	-	0,13	-	0,72
			2007	0,32	-	-	0,01
			2008	0,30	<0,01	<0,002	<0,01

ЖЯЖ күні	*Ара қашықтық, км	Ұңғ. №	Іріктеп алу күні	³ H, кБк/кг	¹³⁷ Cs, Бк/кг	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu, Бк/кг	⁹⁰ Sr, Бк/кг
1315 1987	0,4	4020	2004	0,12	0,02	-	0,18
			2005	-	0,08	-	0,07
			2007	1,24	0,08	-	0,02
			2008	0,10	<0,02	<0,002	0,02
			2010	0,24	<0,01	-	<0,02
Ескерту: * Гидрогеологиялық ұңғымадан жерасты сулары ағынының қозғалыс бағыты бойынша орналасқан жақын «әскери» ұңғымаға дейінгі ара қашықтық "- " – өлшеулер жүргізілген жоқ							

Зерттеулер су сынамаларындағы ¹³⁷Cs шоғырлануы төменгі мәндер шектерінде орналасқандығын және 4022 ұңғымасында 1,16 Бк/кг максималды шоғырланумен 0,012-ден 0,18 Бк/кг дейін өзгеретінін көрсетті. ⁹⁰Sr үшін сондай-ақ <0,01-ден 0,7 Бк/кг дейінгі шектерде өте төмен мәндер тән. Жерасты суларындағы тритийдің шоғырлануы <0,007-ден 1,44 кБк/кг дейін өзгереді. Тритийдің максималды шоғырлануы 2010 жылы 4027 ұңғымасында табылған, мұнда ол 1,8 кБк/кг құрады. Алынған мәндердің радиациялық қауіпі жоқ және бұл РКН-99 АД_{тұрғ.} бекітілген ауыз суға арналған деңгейден аспайды.

Сонымен, гидрогеологиялық ұңғымалардың 5 «әскери» ұңғымаға тікелей жақын орналасуына қарамастан, техногенді радионуклидтер шекті төмен шоғырлануының бар болуы аталған телімге тән ерекшелік болып табылады. Аталған ерекшелікке түсініктемелердің бірі – аталған телімде, негізінен, ағынсыз жерасты сулары тараған. Сондықтан да радионуклидтердің орталық аймақтан шайылуы бұның қалған телімдерде байқалуынан да аз қарқынды жүреді. Бір жағынан, жоғарыда айтылғандай, аталған телім орта мәндерінің аясында сұзу ағын шығынының жоғары мәнінің аймағымен сипатталады, бұл осында жерасты суларының жергілікті қоректенуінің бар болуын көрсетеді. Аталған жағдайда радионуклидтердің төмен шоғырлануы олардың атмосфералық жауын-шашынмен түсуімен бірге үнемі сусыздануына байланысты деп айтуға негіз бар.

Радионуклидтердің салыстырмалы төмен құрамына қарамастан, алынған деректерді талдау кезінде 5 ЖЯЖ-дан арақашықтықтың ұлғаюы бар жерасты суларындағы радиоактивті ластануының төмендеуін атауға болады.

Тритийдің салыстырмалы жоғары шоғырлануы 1061 ұңғымасында жүргізілген ЖЯЖ жақын аймағында анықталған. Цезийдің жоғары шоғырлануы телімнің шығысында 4022 және 4023 ұңғымаларында ағынсыз сулардың даму облысында тіркелген.

«Орталық» телімінің шектерінде тараған жерасты суларының зерттеу нәтижелері бойынша келесідей қорытындылар жасауға болады:

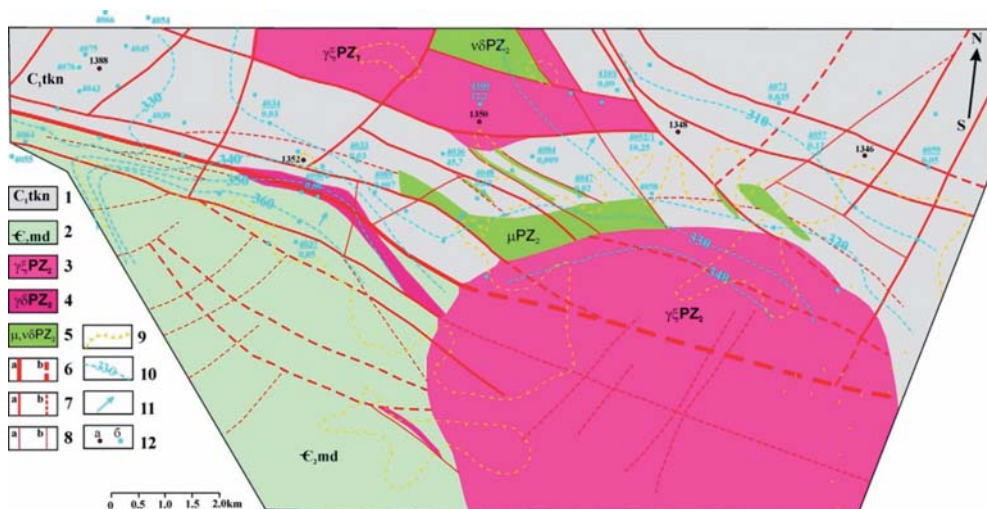
- палеозой жыныстарының экзогенді және тектоникалық сызаттану аймақтарына орайластырылған негізгі сулы кешені барлық жерде тараған және ағынды, сол сияқты ағынсыз да сипаты бар;
- жерасты сулары қозғалысының негізгі бағыты - солтүстік-шығыс;
- гидрогеологиялық ұңғымалардың «әскери» ұңғымаға тікелей жақын орналасуына қарамастан, техногенді радионуклидтердің шекті төмен шоғырлануының бар болуы аталған телімге тән ерекшелік болып табылады (шоғырлану

мәндері РКН-99 АД_{турф.} бекітілген ауыз суға арналған деңгейден аспайды). Телімнің жерасты суларындағы $^{239+240}\text{Pu}$ құрамы 0,002 Бк/кг тең МРБ аспайды;

- радионуклидтердің жерасты суларындағы төмен құрамына қарамастан, тұтасымен алғанда, аталған телімде ЖЯЖ орталық аймақтарынан арақашықтықтың ұлғаюы бар жерасты суларындағы радиоактивті ластануының төмендеуі байқалған.

2.2.5. «Заречье» телімі

Техногенді-бұзылған гидрогеодинамикалық ахуалдың «Заречье» телімінде 1987–1990 жж. кезеңінде қалыптасуы 1348, 1388, 1350, 1346 және 1352 ұңғымаларында 5 ЖЯЖ жүргізуге байланысты [14]. Радионуклидті ластану сипатын зерттеу үшін телімде бұрын бұрғыланған 16 гидрогеологиялық ұңғымаларды сынақтан өткізу жүргізілді (18-сурет).



(1-5 – сызатты және сызатты-желілік сулар: 1 – төменгі карбонның жанартаулық-тұнбалық және метаморфизденген шөгінділерінде, 2 – орта кембрияның жанартаулық- метаморфизденген және тұнбалық шөгінділерінде, 3-5 – жоғарғы палеозойдың интрузивті пайда болуларында: 3 – граниттер, граносиениттер, сиениттер, гранит-порфирилдер; 4 – гранодиориттер; 5 – диориттер, габбро-диориттер, порфириттер; 6-8 – омырулы бұзылулар (а – анықталған, б – болжанған): 6 – I реттік, 7 – III реттік, 8 – V және одан жоғары реттік; 9 – миоцен шөгінділерінің таралу шекарасы, бергштрихтар шөгінділердің даму жағына бағытталған; 10 – 1989 ж. гидроизогипстер; 11 – жерасты сулары қозғалысының негізгі бағыты;

12 – ұңғыма және оның нөмірі: а – сынақ, б – бақылау, бөлігіндегі сан – жерасты суларындағы тритийдің құрамы, кБк/кг)

18-Сурет. «Заречье» телімі геологиялық-гидрогеологиялық жағдайларының сұлбасы

2.2.5.1. «Заречье» телімінің геологиялық құрылысы

«Заречье» телімі аллювиальды-пролювиальды жазықтықтың 0,001–0,002 еңісімен солтүстік-шығысқа етегі қияланған шектерінде орналасқан. Зерттеулер аумағы Қазақ қалқанының солтүстік-шығысында екі қатпарлы жүйенің қиылысу аймағында

орналасқан. Оңтүстік бөлігі Шыңғыс-Тарбағатай мегантиклинориясының каледонидтеріне, солтүстік бөлігі герцин жасы Зайсан мегасинклинориясының оңтүстік-батыс қанатына орайластырылған. Каледон және герцин құрылымдары біріге отырып, пликативті және шөгінділердің омырулы дислокациясын, жыныстардың ұсатылу мен қыртыстануымен сипатталатын қатпарлы палеозой іргетасын құрады (18-сурет).

Аумақтың шегінде тиісті рангыларды шектейтін [СанНж/еЕ 2.02.85] әр түрлі еселік омырулы бұзылулар және ірі сызаттардың тұтас қатары белгіленді. I–III еселік негізгі омырулы бұзылулар солтүстік-батыста созылып жатқан аймақтық Қалба-Шыңғыс омыруының әсер етуші аймағының орналасуын анықтайды.

2.2.5.2. «Заречье» телімінің гидрогеологиялық жағдайлары

Су сіңіргіш жыныстардың қалыптасу, таралу жағдайлары және жасы бойынша телімде гидравликалық өзара байланысқан сызатты және сызатты-желілік ағынды-ағынсыз сулардың үш кешені бөлінді:

- төменгі карбонның жанартаулық-тұнбалық және метаморфизденген шөгінділердің сулы кешені (C_1),
- орта кембрияның жанартаулық-метаморфизденген және тұнбалық шөгінділердің сулы кешені (C_2),
- жоғары палеозой интрузивті пайда болуларының сулы кешені (PZ_2).

Жерасты сулары, көбінесе ағынды, 2,1-ден 70 м дейінгі тереңдікте ашылған. Пьезометриялық деңгей аймақтық омырудың әсер етуші аймағында 60–66 м дейін ағын құра отырып, 2-ден 26,8 м дейін өзгереді.

Пьезометриялық бетінің алаң бойынша абсолюттік белгілері оңтүстік-батыста 360 м-ден солтүстік-шығыста 310 м дейін азаяды. Жерасты сулары қозғалысының негізгі бағыты – солтүстік-шығыс, 0,001–0,003 дейінгі еңіспен. Жерасты ағынының жергілікті ауытқулары құрылымдық-эрозиялық кесінділердің шектерінде омырулы бұзылулар мен жабық аймақтардың бар болуына байланысты. Қалба-Шыңғыс омырудың әсер етуші аймағында жерасты ағынның еңісі 0,02–0,05 дейін жоғарылады.

Ұңғымалармен ашылған, блоктардың шеттерінде орналасқан жерасты сулары суы мол, жыныстардың су өткізгіштігі 0,01-ден 1 м²/тәул. дейін өзгереді. Әр түрлі еселік омырулы бұзылулардың бар болуы су сіңіргіш ортаның сүзу параметрлерінің біртексіздігін алдын ала анықтайды. Мысалы, Қалба-Шыңғыс омырудың солтүстік әсер етуші аймағында жыныстардың су өткізгіштігі 0,01–1 м²/тәул. құрайды, оңтүстігінде –30 м²/тәул. дейінгі аса жоғары еселіктің омырулы бұзылуларына жақын жерде ұлғая отыра, 3–18 м²/тәул. құрайды. Сүзу коэффициенті 0,01-ден 1 м/тәул. дейін құбылады, тектоникалық сызаттану аймақтарында 7 м/тәул. дейін және одан көпке ұлғаяды.

Төменгі карбонның жанартаулық-тұнбалық және метаморфизденген шөгінділер сулы кешенінің жерасты сулары көбінесе қатты тұзды, минералдануы 3,2-ден 8,9 г/л дейін, телімнің солтүстік-шығыс шетінде – тұзды, минералдануы 10,9 г/л дейін. Құрамы бойынша сулар сульфатты-хлоридті, омырулы бұзылуларға жақын және жергілікті су ағынның кірігу телімдерінде – хлоридті-сульфатты натрийлі-калийлі, сирек – натрийлі-калийлі-кальцийлі, кермек және өте кермек. Судың реакциясы әлсіз қышқылдан әлсіз сілтіліге дейін өзгереді.

Орта кембрияның жанартаулық-метаморфизденген және тұнбалық шөгінділер сулы кешенінің жерасты сулары көбінесе тұщы, минералдануы 0,5–1,0 г/л, Қалба-Шыңғыс омыруының әсер етуші аймағында – әлсіз тұздылаудан қатты тұздыға дейін-телімнің шеткі солтүстік-батысында, сульфатты-хлоридті натрийлі-калийлі-кальцийлі. Сулы кешеннің гипсометриялық орналасуы судың кермектігін алдын ала анықтайды. Деңгейдің 360–365 м абсолюттік белгілерінде су жұмсақ, қалыпты кермек, төменгі жағында –кермек және өте кермек. Судың реакциясы әлсіз қышқылдан әлсіз сілтіленгенге дейін өзгереді.

2.2.5.3 «Заречье» теліміндегі жерасты суларының радионуклидті ластануы

Жерасты сулары сынамаларының зертханалық талдау нәтижелері 8-кестеде берілген [1, 2].

8-Кесте.

«Заречье» телімі. Жерасты суларындағы радионуклидтердің құрамы

ЖЯЖ* күні	*Арақашық- тық, км	Ұңғ. №	Іріктеп алу күні	³ H, кБк/кг	⁹⁰ Sr, Бк/кг	¹³⁷ Cs, Бк/кг	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu, Бк/кг
<u>1348</u> 1987	0,4	4052/1	2004	10,25	0,23	0,05	-
			2007	54,70	0,34	0,01	-
	1,5	4101	2004	0,09	0,06	0,14	-
			2007	<0,01	-	-	-
<u>1350</u> 1988	0,4	4100	2005	-	0,11	0,04	-
			2007	12,20	0,38	0,01	-
	1,0	4036	2004		0,06	0,03	-
			2005	45,67	0,51	0,02	-
<u>1346</u> 1988	0,9	4057	2004	0,12	1,49	0,08	-
			2005	0,03	0,79	0,04	-
			2007	0,02	-	-	-
			2010	<0,01	<0,01	<0,01	<0,002
	1,3	4059	2004	0,05	0,04	0,004	-
			2005	-	0,09	0,02	-
			2007	<0,01	-	-	-
	2,0	4073	2004	0,04	0,65	0,09	-
			2005	-	0,25	0,05	
			2007	0,01	-	-	
<u>1352</u> 1989	0,5	4090	2004	0,08	0,07	0,23	-
			2005	0,03	-	-	-
			2007	<0,01	-	-	-
	0,5	4088	2004	0,05	0,03	0,02	-
			2005	0,04	0,09	0,01	-
	1,0	4033	2004	0,03	0,42	0,40	-
			2005	-	0,09	0,06	-
			2007	0,01	-	-	-
	1,1	4034	2004	0,03	0,06	0,04	-
			2005	0,03	-	-	-
			2007	<0,01	-	-	-

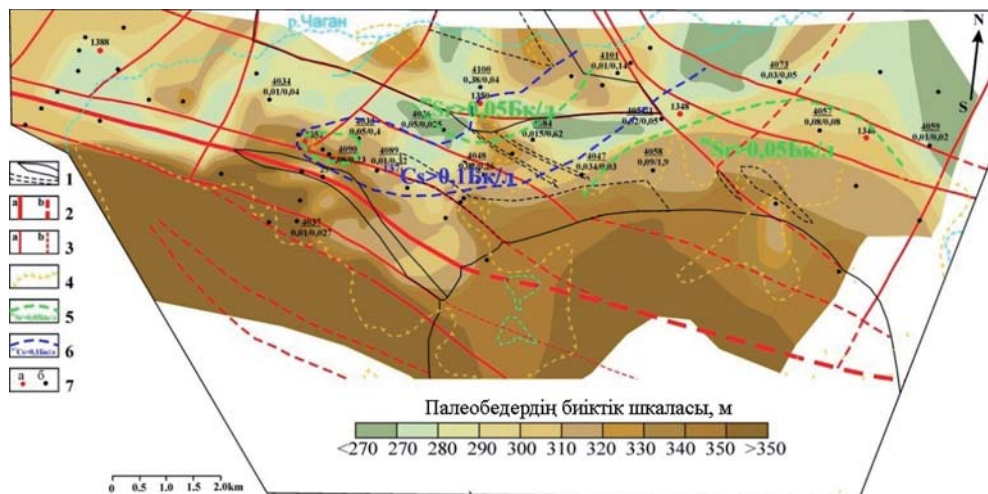
ЖЯЖ* күні	*Арақашық- тық, км	Ұңғ. №	Іріктеп алу күні	³ H, кБк/кг	⁹⁰ Sr, Бк/кг	¹³⁷ Cs, Бк/кг	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu, Бк/кг
C ₁ сулы кешені							
Жерасты сулары- ның корек- тену облысы– ұсақ шоқылар	0,1	4058	2005	-	0,21	0,09	-
			2007	<0,01	-	-	-
	0,9	4084	2004	-	0,11	0,02	-
			2005	-	1,48	0,62	-
			2007	0,01	-	-	-
	1,8	4089	2004	-	0,27	0,18	-
			2005	-	0,10	0,32	-
			2007	<0,01	-	-	-
	C ₂ сулы кешені						
	0,3	4037	2004	0,05	0,05	0,03	-
			2007	<0,01	-	-	-
	PZ ₂ сулы кешені						
	0,2	4047	2004	0,07	0,34	0,03	-
			2005	0,03	0,28	0,03	-
			2007	<0,01	-	-	-
0,5	4048	2004	0,02	0,05	0,04	-	
		2005	0,02	0,17	0,26	-	
		2007	0,02	-	-	-	
Ескерту: * Гидрогеологиялық ұңғымадан жерасты сулары ағынының қозғалыс бағыты бойынша орналасқан жақын «әскери» ұңғымаға дейінгі ара қашықтық "- " – өлшеулер жүргізілген жоқ							

Кестелік деректер бойынша белгілісі – жерасты суларындағы ¹³⁷Cs шоғырлануы 0,02-ден 0,62 Бк/кг дейін өзгереді. ¹³⁷Cs (1,9 Бк/кг) максималды шоғырлануы 4058 ұңғымадан аққан суда табылған. ⁹⁰Sr шоғырлануы 0,01-ден 0,38 Бк/кг дейін. Аталған мәндердің қатері жоқ және ауыз суға арналған РҚН-99 АД_{тұрғ.} аспайды. Жерасты суларындағы тритийдің шоғырлануы <0,01-ден 54,7 кБк/кг дейінгі мәндердің кең диапозонында өзгереді, бұл ауыз суға арналған РҚН-99 АД_{тұрғ.} 8 есеге дейін асады.

2007 жылға 1348 сынақ ұңғымасынан 0,4 км ара қашықтықта төменгі карбонның сулы кешенінде 54,7 кБк/кг тритийдің шоғырлануы табылған. 1350 сынақ ұңғымасынан 1 км ара қашықтықта 4036 ұңғымасындағы тритийдің құрамы 45,67 кБк/кг жетеді. 4100 ұңғымасында жоғары сызаттану, сіңіру және суының молдылығымен сипатталатын граниттерде жүрген, 1350 сынақ ұңғымасына 2,5 есе жақын орналасқан тритийдің шоғырлануы 12,2 кБк/кг құрады. Бұдан көрінетіні, радиоактивті ластанған жерасты сулары төменгі карбон мен жоғарғы палеозой су сіңіргіш жыныстарының 270 белгілерінде және төмен жатқан жабындысының төмендіктерінде окшауланған.

ЖЯЖ эпицентрынан 2 км радиуста эпицентралды ара қашықтықтың ұлғаюы кезінде тритийдің шоғырлануының азаюы ұсталынып тұрады (18-сурет). Қоректенудің негізгі облысы – ұсақ шоқидан алыстаған сайын әр түрлі жастағы сулы кешендердегі негізгі радионуклидтердің құрамының жерасты ағынды құрайтынның ұлғаюы есебінен заңды түрде төмендеуін атап өтуге болады.

Аяға қатысты стронцийдің жерасты суларындағы жоғары шоғырлануы (0,05 Бк/кг аса) интрузивті массивтер, орталық, кейбір жерлері эрозиялық «терезелерде» және жер бетіне шығатын оңтүстік-шығысында беткейлерге орайластырылған (19-сурет). Цезийдің жоғары құрамының «шлейфі» (0,1 Бк/кг аса) палеоалқаптың өте тік оң қапталының бойымен созылған және 1350 және 1352 ұңғымаларында ЖЯЖ жүргізу телімдеріне жақындайды. Цезийдің 1,9 Бк/кг дейін біршама жоғарылаған шоғырлануы 4058 ұңғымасында тіркелген.



(1 – геологиялық шекаралар; 2-3 – омырулы бұзылулар (а – орнатылған, б – болжанған): 2 – I еселік, 3 – III еселік, 4 – миоцен шөгінділерінің таралу шекарасы, бергштрихтар шөгінділердің даму жағына бағытталған; 6,7 – радионуклидтердің салыстырмалы жоғары құрамының контурлары: 6 – стронций, 7 – цезий; 8 – ұңғыма және оның нөмірі: а – сынақ, б – бақылау, бөлгіштегі сан жерасты суларындағы стронций мен цезийдің құрамына сәйкес келеді, Бк/кг)

19-Сурет. Сулы кешендердегі радионуклидтердің құрамы бойынша деректері бар «Заречье» телімі палеобедерінің сұлбасы

2002 жылдан бастап 2008 жылға дейін телімде бар ұңғымалар бойынша жерасты суларының жыл сайынғы радионуклидтік мониторингі жүргізілді. 4064 және 4076 ұңғымаларында тритийдің құрамы іс жүзінде өзгерген жоқ, 4043, 4066 және 4054 ұңғымаларында аздаған жоғарылау байқалды, ал 4075 ұңғымасында, 2003 жылмен салыстырғанда, тритийдің құрамы көп төмендеген.

«Заречье» шектерінде тараған жерасты суларын зерттеу нәтижелері бойынша келесі қорытындылар жасауға болады:

- су сіңіргіш жыныстардың қалыптасу, таралу жағдайлары және жасы бойынша телімде сызатты және сызатты-желілік ағынды-ағынсыз сулардың гидравликалық жағынан өзара байланысқан үш кешені бөлінді;
- жерасты сулары көбінесе ағынды. Пьезометриялық деңгей аймақтық омырудың әсер етуші аймағында 60–66 м дейін ағын жасай отырып, 2-ден 26,8 м дейін өзгереді;
- жерасты сулары қозғалысының негізгі бағыты – солтүстік-шығыс;

- аталған телім үшін $0,01\text{--}1\text{ м}^2/\text{тәул.}$ өзгеретін және омырулы бұзылулар аймағында $30\text{ м}^2/\text{тәул.}$ дейін жоғарылайтын су сіңіргіш ортаның сүзу параметрінің біршама біртектілігі тән. Сүзу коэффициенті $0,01\text{-ден } 1\text{ м/тәул.}$ дейін құбылады, тектоникалық сызаттану аймақтарында 7 м/тәул. дейін және одан жоғары ұлғаяды;
- жерасты суларындағы ^{137}Cs және ^{90}Sr шоғырлану мәндері РҚН-99 АД_{тұрғ.} бекітілген ауыз суға арналған деңгейден аспайды;
- жерасты суларындағы тритийдің шоғырлануы $<0,007\text{-ден } 45,7\text{ кБк/кг}$ дейінгі мәндердің кең диапазонында өзгереді, бұл РҚН-99 АД_{тұрғ.} бекітілген ауыз суға арналған деңгейден 6 есеге дейін асады. Тритийдің ЖЯЖ орталық аймағынан жылыстау бағыты жерасты сулары қозғалысының негізгі бағытымен сәйкес келеді;
- телімнің жерасты суларындағы $^{239+240}\text{Pu}$ құрамы, $4057\text{ ұңғыманың сынау деректері бойынша, } 0,002\text{ Бк/кг}$ тең МРБ аспайды;
- аталған телім үшін түрлі жастағы сулы кешендердегі негізгі радионуклидтердің құрамының жерасты ағын құрамының ұлғаюы есебінен қоректенудің негізгі облысынан алыстаған сайын төмендеуі тән.

2.2.6. «Қаражыра» телімі

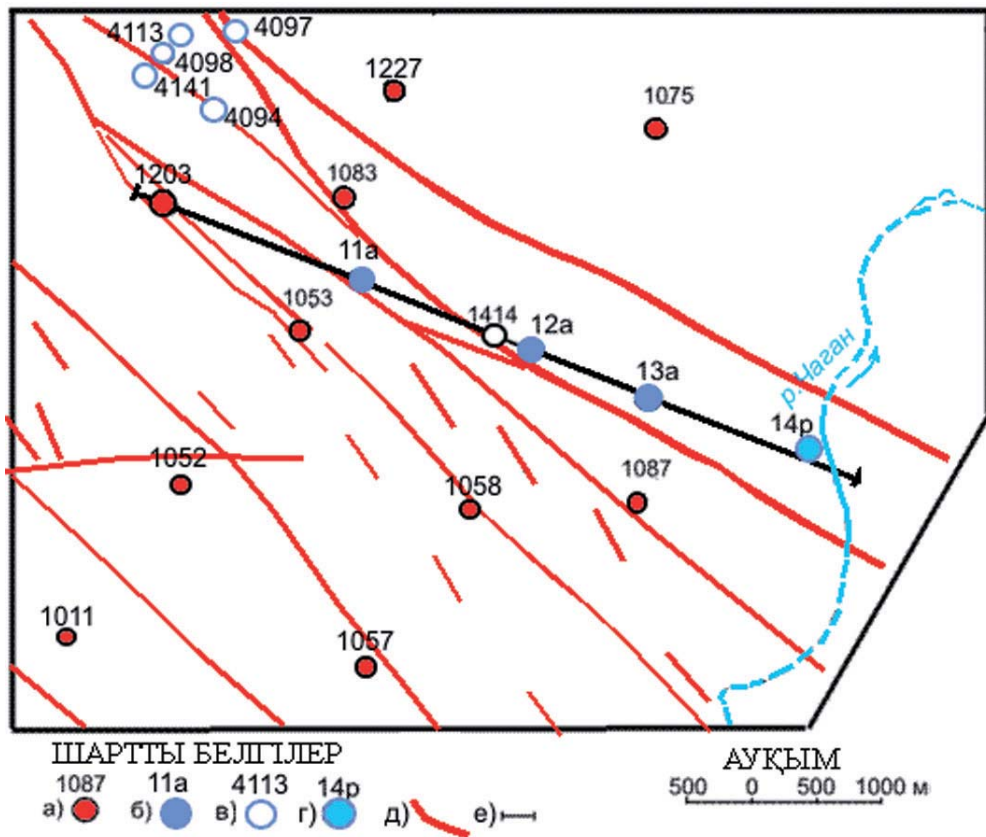
«Қаражыра» телімі «Балапан» алаңының оңтүстік-батыс бөлігінде орналасқан (10-сурет). Қазіргі уақытта зерттеліп жатқан телімнің аумағында «Қаражыра» көмір кенорны жасалуда. Аталған телімнің геологиялық құрылысы мен гидрогеологиялық жағдайлары жұмыста толық суреттелген [21]. Телімдегі жерасты суларындағы радионуклидті ластануды бақылау 2003 жылдан бастап 42 гидрогеологиялық ұңғыманы сынау деректері, сондай-ақ жұмыс істеп тұрған карьер мен тоған-булаушының дренажды сулары бойынша жүзеге асуда (10-сурет) [21].

«Қаражыра» телімі жерасты суларының зерттеу нәтижелері бойынша келесідей қорытындылар жасауға болады:

- «Қаражыра» кенорнының шектерінде төменгі юралық сулы кешен тараған. Бұл сулы кешенмен су ағынының карьерге ағатын негізгі мөлшері байланысты. Жерасты суларының жалпы қозғалысы оңтүстік-батыстан және батыстан солтүстікке және солтүстік-батысқа Ертіс өз. алқабына қарай бағытталған;
- тұтасымен алғанда, кенорнының алаңында төменгі юралық шөгінділердің сулы кешенінің құрамында $9,4\text{--}55,5\text{ г/дм}^3$ минералдануы бар сулар бар. Химиялық құрамы бойынша сулар хлоридты және сульфатты-хлоридты магнийлі-натрийлі;
- жерасты суларындағы ^{137}Cs , ^{90}Sr , $^{239+240}\text{Pu}$ техногенді радионуклидтер мен тритийдің шоғырлану мәндері РҚН-99 АД_{тұрғ.} бекітілген ауыз суға арналған деңгейден аспайды;
- жерасты суларының мониторинг нәтижелері бойынша жылыстау процестерінде салыстырмалы тұрақтылық байқалады. Жерасты суларындағы техногенді радионуклидтер шоғырлану мәндерінің төмендеуінің жалпы тенденциясы байқалған.

2.2.7. №1 телім (1203, 1414 ұңғымалардың Шаған өз. дейінгі бейіні)

Телім «Балапан» алаңының оңтүстік бөлігінде орналасқан (20-сурет). Гидрогеологиялық жағдайлар жөніндегі деректерді талдау кезінде бұл алаң жерасты сулары мен Шаған өзені суларының болжамды құйылуының аса қатерлі бағытын анықтайтын ретінде бөлінген. Бұл телімде көлемі шамамен 8 км², миоцен саздарымен орындалған іргетас бедеріндегі оқшау шұңқыр орналасқан. Аталған телімде 7 ЖЯЖ жүргізілді. ССП-дағы жұмыстар тәжірибесінен, мұндай шұңқырлар үшін техногенді радионуклидтер шоғырлануының таулы жыныстардың қоршаған блоктарына қарағанда аса жоғары мәндері тән. Осыған байланысты, аталған телімдегі жұмыстардың негізгі мақсаты – сызатты сулардың радиоактивті ластануы туралы деректерді алу және сызатты сулардың Шаған өзені суларымен болжамды байланысын анықтау.

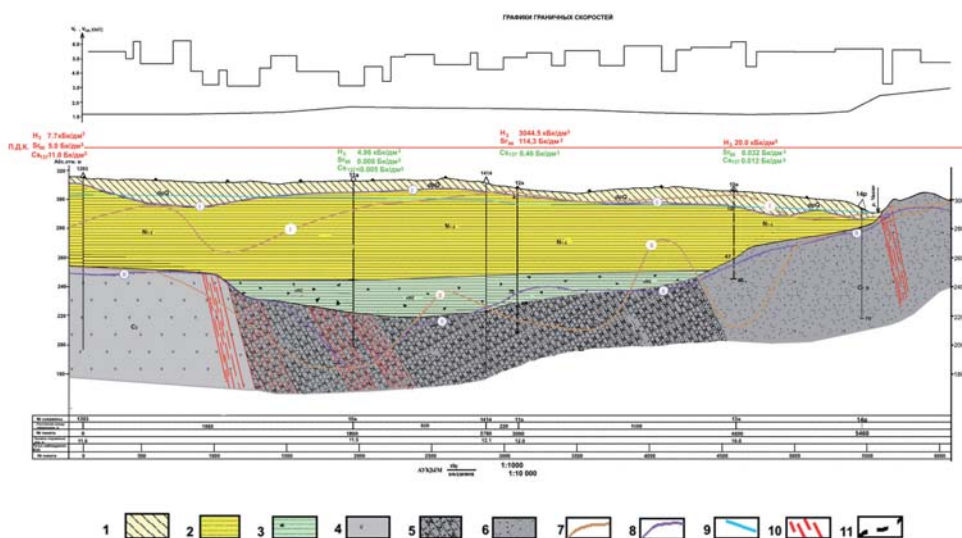


Ұңғымалар: а - әскери; б - гидрогеологиялық, 2006 ж.; в - гидрогеологиялық, бұрын бұрғыланған; г - режімдік; д - тектоникалық бұзылулар; е - геологиялық-геофизикалық кесінді сызығы

20-Сурет. №1 телім. Шаған өз. жақын бейін бойынша бұрғыланған ұңғымалардың орналасу сұлбасы

2.2.7.1. №1 телімнің геологиялық-гидрогеологиялық жағдайлары

Геофизикалық деректер нәтижелері бойынша 11а, 12а, 13а, терендігі сәйкесінше 114, 92, 60 м үш гидрогеологиялық ұңғыма орнату орындары тандап алынды (21-сурет). Ұңғымаларда ұзақтығы 24 сағаттық тәжірибелік ағызуды қоса алғандағы геологиялық-геофизикалық жұмыстар және гидрогеологиялық зерттеулер кешені орындалды. Жаңа ұңғымаларды бұрғылау нәтижелері бойынша және бұрын бұрығыланған жақын орналасқан ұңғымаларды ескере отырып, зерттеліп жатқан аудандағы геологиялық жағдайды жан-жақты зерттеуге мүмкіндік берген геологиялық-геофизикалық кесінді құрылды (21-сурет).



1 – төрттік құмдасын, құмайттар; 2 – неоген саздары; 3 – желденудің мезозой кыртысы, элювиальды қиыршық тасты –сазды топырақ; 4–6 – таскөмірлі: 4 – андезиттер, 5 – құмдақтар мен алевролиттер, 6 – туфокұмдар; 7 – ерекшеленетін кедергісі бар кабаттар кесінділерінің шекаралары: I – кедергісі 30–600 Ом·м төрттік шөгінділердің табаны, II – сазды пайда болулар (кедергісі 2–12 Ом·м) мен іргетас жыныстары (кедергісі 1000 Ом·м аса); 8 – ерекшеленетін жылдамдықтық сипаттамалы бар кабаттар кесінділерінің шекаралары; I – 1 км/сек аз жылдамдықты бар төрттік пайда болулардың шекарасы; II – 2,5 км/сек жоғары жылдамдықты бар құзды іргетас жыныстарының жоғарғы шекарасы; 9 – жерасты суларының деңгейі; 10 – ұсатылудың тектоникалық аймақтары; 11 –экзогенді сызаттану аймағының болжамды табаны. Жоғарыда – шекаралық жылдамдықтар мен орта жылдамдықтың кестелері (км/сек)

21-Сурет. №1 телім. Геофизикалық жұмыстар нәтижелері бойынша геологиялық кесінді

11а және 12а ұңғымаларымен, сәйкесінше 95 және 80 м тереңдікте, көмірлі алевролиттер мен құмдақтармен берілген төменгі карбон визей қабатының тұнбалық жыныстары (C_v) ашылған. 13а және 14р ұңғымалары төменгі карбон серпухов қабатының туфокұмдақтарын (C_s) 47 және тиісінше 14 м тереңдікте кесіп өтті. Барлық ұңғымаларда экзогенді сызаттану аймағында 30–40 м тереңдікке дейін байқалады. Неоген жасындағы саздардың (N_{1-2}) қалыңдығы батыста және орталықта 40–60 м бастап өзгереді. Шаған өз. оң жағалауында неоген саздары кіріктіріледі. 11а және 12а ұңғымаларымен 65–67 м тереңдікте төменгі карбонның алевролиттері мен құмдары

(C_{ν}) бойынша дамыған мезозой жасындағы элювиальды қиыршық тасты-сазды пайда болулар ашылған (eMZ). 11a, 12a, 13a, 14p ұңғымаларындағы сулы көкжиектің дебит, су өткізгіштік, сүзу коэффициентін анықтау нәтижелері 9-кестеде берілген.

9-Кесте.

**Тәжірибелік-сүзу жұмыстарының нәтижелері
және жерасты суларындағы радионуклидтердің құрамы**

Ұңғыманың нөмірі	Төмендік, м	Дебит м ³ /тәул.	Су өткізгіштігі, м ² /тәул.	Сулы көкжиектің қалыңдығы, м	Сүзу коэффициенті м/тәул.	² H, кБк/кг	⁹⁰ Sr, Бк/кг	¹³⁷ Cs, Бк/кг	Жақын «әскери» ұңғыма, км
11a	6,95	86,40	3,00	50	0,060	4,98 ±0,04	0,008±0,003	<0,005	<u>1053</u> 0,6
12a	9,40	43,20	3,40	40	0,085	3044,5 ±0,9	114,0 ± 5,7	0,46 ± 0,11	<u>1414</u> 0,3
13a	2,5	3,12	1,96	40	0,049	20,0 ±0,1	32 ± 13	0,012 ±0,004	<u>1087</u> 0,8
14p	10,10	9,20	0,25	40	0,006	-	-	-	-

Кестеде берілген деректер бойынша 11a, 12a және 13a ұңғымаларымен ашылған жыныстар 14p ($km=0,25m^2/тәул.$) ұңғымасында өткенге қарағанда жоғары су өткізгіштікке ие ($1,96-3,4 m^2/тәул.$) екендігі көрінеді. 11a ұңғымасының ауданын құрайтын жыныстар аса су өткізгіштігімен сипатталады, бұл, шекаралық жылдамдықтың төменгі мәндері бойынша қарағанда, жоғары сызаттану аймақтарымен, және тиісінше, жоғары сіңірімділікпен байланысты. Жерасты суларының Шаған өзеніне қарай бағыт бойынша еңістігі 0,002 құрайды.

2.2.7.2. №1 телімдегі жерасты суларының радионуклидтік ластануы

11a, 12a, 13a, 14p ұңғымаларынан алынған жерасты сулары сынамаларындағы техногенді радионуклидтерді анықтау нәтижелері 9-кестеде берілген [2].

Бұрғыланған ұңғымалардан іріктеп алынған сулар сынамаларының талдаулары 12a ұңғымасында тритий мен стронций-90 жоғары құрамын (3045 кБк/кг және 114,0 Бк/кг, тиісінше) және 13a ұңғымасында тритийдің жоғары құрамын (20 кБк/кг) көрсетті.

Жүргізілген геологиялық-геофизикалық зерттеулер нәтижелері бойынша телімде қалыңдығы 60 м дейін суға төзімді неоген сазымен орындалған палеозой іргетасының жабық иірімі бар екендігі расталды. Бұл кезде еңіске сәйкес жерасты суларының Шаған өзеніне жасырын құйылуы мүмкін. Гидрологиялық зерттеулер деректері бойынша №1 телімдегі Шаған өзенінің арнасы борпылдақ шөгінділердің қалыңдығы аз қабатпен жабылған құз жыныстарымен жасалған. Қарастырылып отырған эрозиялық «терезе» шектерінде сызатты жыныстар мен аллювиальды шөгінділерде дамыған түрлі жастағы сулы көкжиек пен жербеткі сулар арасында тұрақты гидравликалық байланыс байқалады. Сонымен, жерасты суларының жасырын құйылатын телімдері Ша-

ған өзенінің жербеткі суларының радиоактивті, оның ішінде тритиймен ластануының ықтимал белсенді аймақтары ретінде берілген.

2.2.8. №2 телім (1056 – «Атом көлі» ұңғымаларының бейіні)

Телім «Балапан» алаңының шығыс бөлігінде орналасқан (10-сурет). Аталған телімдегі жұмыстардың негізгі міндеті – жерасты сызатты сулар мен жасанды су қоймасы – «Атом көлінің» жербеткі суларының болжамды өзара байланысын анықтау. Жақын 1056 «әскери» ұңғымасы «Атом» көлінен солтүстік-батысқа қарай 2,5 км орналасқан. Бұл ұңғыманы жүргізген кезде пьезометриялық деңгей 312,46 м құрады, ал жасанды көлдегі судың қазіргі деңгейі – 306,3 м. Осыған байланысты, жерасты суларының құйылуы 1056 ұңғымасынан «Атом» көліне қарай бағытта жүреді деп айтуға негіз бар.

2.2.8.1. №2 телімнің геологиялық-гидрогеологиялық жағдайлары

№2 телімнің гидрогеологиялық жағдайларын зерттеу үшін геофизикалық зерттеулер, үш гидрогеологиялық ұңғыманы бұрғылау (1А, 2А және 3А), соңынан жерасты сулары сынамаларын химиялық және радионуклидтік талдауға іріктеп алатын тәжірибелік-сүзу жұмыстары жүргізілді. Ұңғымалар бойынша алынған деректер 10-кестеде берілген.

10-Кесте.

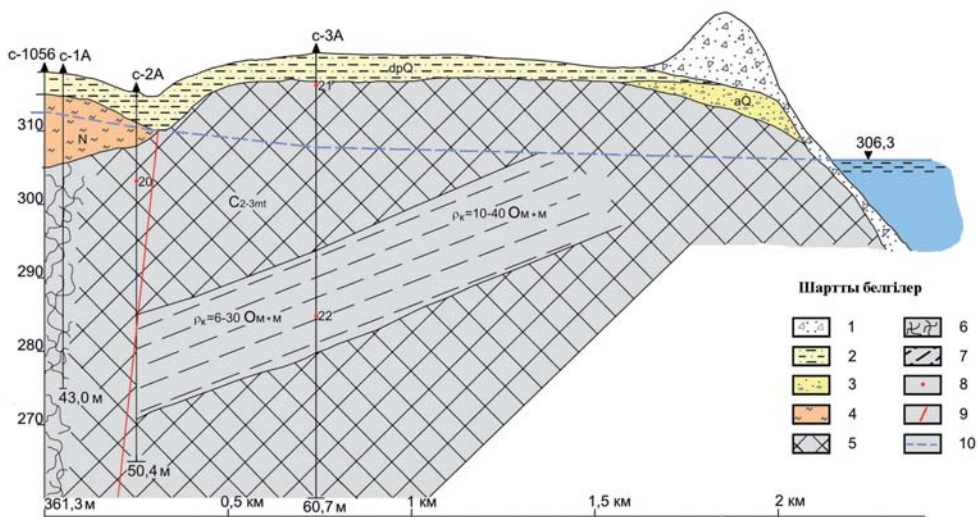
Бақылау ұңғымалары бойынша жерасты суларының деңгейлері

Бақылау ұңғымасының №	Ұңғыма тереңдігі, м	С-1056 ара қашықтық, м	Аرنаның абс. белгісі, м	Су деңгейі, м	Су деңгейінің абс. белгісі, м	Деңгейдің ауытқуы, м
С-1А	43,0	50	317,72	5,7	312,02	-
С-2А	50,0	250	314,89	4,6	310,29	1,73
С-3А	62,0	750	320,72	13,0	307,72	2,57
Қазан-шұңқыр	-	-	-	-	306,31	1,41

Жүргізілген ұңғымалардың жармасында (22-сурет) көбінесе құмдақтармен, конгломераттармен, көмірлі-сазды тақта тастармен және көмірлі тақта тастары бар алевролиталармен берілген орта-жоғары карбонның терригенді қалың қабаты дамыған. Кесіндінің жоғарғы бөлігінде жыныстар экзогенді желденуге ұшыраған.

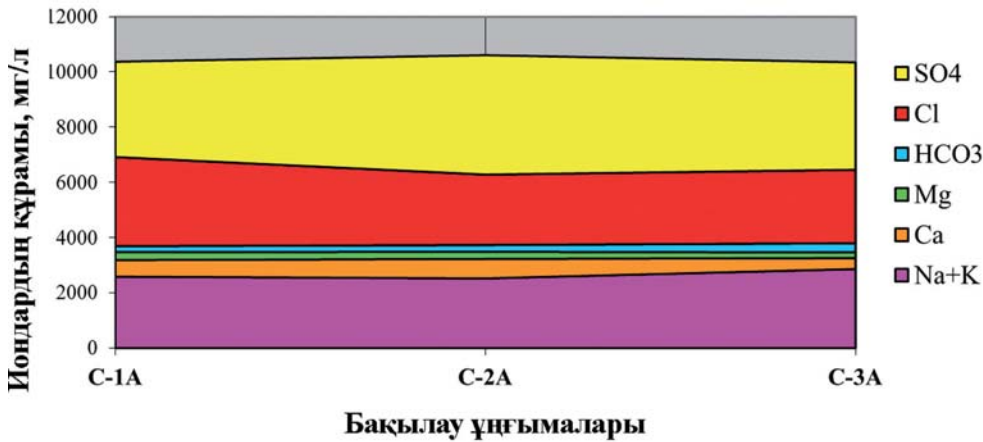
№2 телімде жерасты сулары ағынды-ағынсыз сипатқа ие. С-1А – С-3А ұңғымалармен ашылған сулы көкжиектің деңгейі «Атом» көліне қарай абсолюттік белгілерден 321 м-ден 307,7 м дейін төмендейді. Сызатты сулардың химиялық құрамы ұксас (23-сурет), судың типі – хлоридты-сульфатты натрийлі.

С-2А және С-3А ұңғымаларындағы тәжірибелік сорғылау төмендеудің екі деңгейінде жүргізілді, бұл төмендеудің ортақ шамасына алып келетін дебитке алып келу үшін және салыстырмалы нәтижелерді алу үшін қажетті (мысалы, 40 м), дебиттің төмендеу шамасына байланыстылығын анықтауға мүмкіндік берді (11-кесте).



1 – жарылыспен шығарылған жыныстар үйіндісі; 2 – делювиальды-пролювиальды құмдасындар мен құмдар (dpQ); 3 – аллювиальды құмдар мен майда ұсақ тастар (aQ); 4 – неогеннің суға төзімді саздары (N); 5 – орта-жоғары карбон майтөбе қабатының терригенді іріқиыршық шөгінділері (C₂₋₃mt); 6 – 1056 ұңғ. жарылыс кезіндегі құлау аймағы; 7 – төменгі тиесілі электр кедергісі бар жыныстар көкжиегі; 8 – каротаж деректері бойынша жоғары гамма-белсенділік (мкР/сағ.); 9 – тектоникалық бұзылулар; 10 – жерасты суларының деңгейі.

22-Сурет. Бейін бойынша кесінді: 1056 ұңғыма – 1004 ұңғыма («Атом» көлі)



23-Сурет. C-1A – C-3A ұңғымалардың бейіні бойынша жерасты суларының химиялық құрамы

С-1А – С-3А ұңғымалармен ашылған сулы көкжиектің параметрлері

Ұңғыманың №	Құйып алу	Дебит $Q, \text{м}^3/\text{сағ.}$	Төмендеу $S, \text{м}$	Сынау аралығы, м	Су өткізгіштік $k, \text{м}^2/\text{тәул.}$	Сүзу коэффициенті $k, \text{м}^2/\text{тәул.}$	Тәуелділік формуласының коэффициенттері, s-тан Q		40 м төмендеуге келтірілген дебит
							α	β	
C-1A		3,6	0	–	–	–	–	–	–
C-2A	1	0,756	16,1	4,4–20,5	0,36	3,86	–81,6	136,1	0,95
	2	0,864	31,1	4,4–35,5	0,18	2,28			
C-3A	1	0,43	4,6	13,4–18,0	1,0	8,0	–94,35	244,3	0,64
	2	0,50	13,9	13,4–27,3	0,26	3,08			

Дебит мәнінің 40 м бірыңғай төмендеуге келтірілуі С-3А ұңғымасындағы дебит көп төмен (33 %-ға) екендігін көрсетті. С-3А ұңғымасы бойынша сулы көкжиектің жоғарғы бөлігінде сүзудің жеткілікті жоғары коэффициенті ($k=8,0 \text{ м}^2/\text{тәул.}$) байқалады. С-2А ұңғымасы бойынша сондай қалыңдықтағы көкжиекке сүзу коэффициенті 11 м/тәул. аса құрады. Коэффициенттің алынған жоғары мәндері жерасты суларының сүзілуі сулы көкжиектің экзогенді желдену аймағына орайластырылған жоғарғы бөлігінде аса қарқынды екендігін растайды [2].

2.2.8.2 №2 телімдегі жерасты суларының радионуклидтік ластануы

1А, 2А, 3А, ұңғымаларынан іріктеп алынған сулар сынамаларының зертханалық талдау нәтижелері көрсеткендей, зерттеліп жатқан бейіндердегі жерасты сызатты сулары радионуклидтермен ластанған, және де аса көп ластану 1056 ұңғымасына жақын байқалады (12-кесте) [2].

№2 телім. Жерасты суларындағы радионуклидтердің құрамы

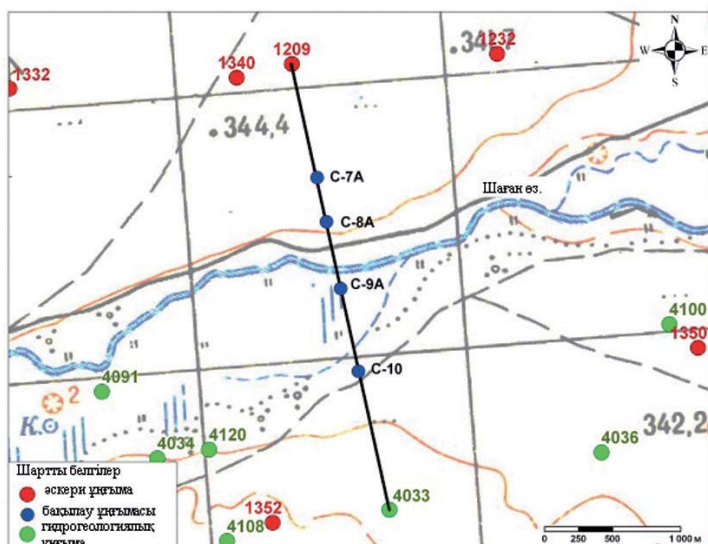
№ р/р	Сынаманы іріктеп алу орны	Іріктеп алу күні, ай, жыл	^3H , Бк/кг	^{90}Sr , Бк/кг	^{137}Cs , Бк/кг	Жақын «әскери» ұңғыма, км
1	C-1A	06.2005	281,6	1240,0	4,0	$\frac{1056}{0,06}$
2	C-2A, тереңдігі 20 м	06.2005	152,7	49,0	<0,1	$\frac{1056}{0,2}$
3	C-2A, тереңдігі 35 м	06.2005	150,8	40,0	<0,1	
4	C-3A	07.2005	0,161	0,02	<0,1	$\frac{1056}{0,8}$
5	«Атом» көлі	05.2005	3,1	0,2	2,0	-

Ұңғымалардың бейіні бойынша радионуклидтердің таралу сипаты жыныстардың 3А ұңғымасымен ашылған блогы 1056 және 1004 «әскери» ұңғымалардағы сынақтармен байланысты ластану арасындағы шекаралық блок ретінде берілетіндігін көрсетеді. Кестеден көретініміз, тритийдің минималды құрамы бейіннің орталық бөлігінде

орналасқан және кейбір жері кепкен экзогенді желдену аймағының шектерінде өткен С-3А ұңғымасынан аққан суда байқалады. С-2А ұңғымасында ашылған ағынды сулы көкжиектегі тритийдің жоғары құрамы тритийдің жерасты суларымен «Атом» көліне қарайғы бағыт бойынша шектеулі жылыстау туралы жанама растайды. Радиоактивті ластанған сулар ореолының таралуы көбінесе палеозой іргетасының жыныстары жабындысында, қарастырылып жатқан сулы көкжиектің ағынды сипатына сәйкес С-2А ұңғымасынан шығыс жағынан бөлінген палеожыраның бойымен жүруі мүмкін (22-сурет).

2.2.9. №3 телім (1209 мен 4033 ұңғымаларының бейіні)

Зерттеліп жатқан телім 1209 «әскери» ұңғымасы мен 4033 гидрогеологиялық ұңғымасының арасындағы бейінде орналасқан (24-сурет).

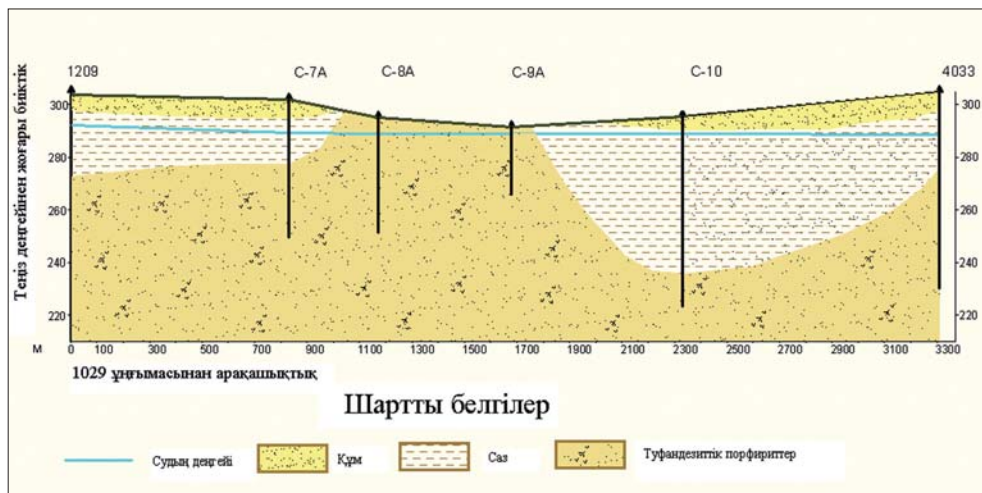


24-Сурет. №3 телім. 1209–4033 бейін бойынша бұрғыланған ұңғымалардың орналасу сұлбасы

Аталған телімдегі сүзу ағынының құрылымы бойынша талдаудан (10-сурет) ластанған жерасты суларының Шаған өзенінің суларына 1352 ұңғымадағы ЖЯЖ жүргізу телімінен оң жағалаудан, сол сияқты 1209, 1340, 1332 «әскери» ұңғымасынан – сол жағалаудан түсуі мүмкін екендігі көрінеді. 1209–4033 ұңғымалардың бейіні бойымен Шаған өзенінің сағасында сазды шөгінділері қиылысады. Төрттік аллювиальды шөгінділер төменгі карбонның жыныстарын қалыңдығы аз қабықпен жабады (25-сурет). Қарастырылып отырған эрозиялық «терезе» шектерінде аллювиальды шөгінділер мен сызатты жыныстарда дамыған сулы көкжиектер Шаған өзені жербеткі суларымен гидравликалық жағынан өзара байланысқан.

2.2.9.1. №3 телімнің геологиялық-гидрогеологиялық жағдайлары

1209 ұңғымасы мен 4033 гидрогеологиялық ұңғыма арасында, ұзындығы 3,3 км, Шаған өзенін солтүстіктен оңтүстікке қарай кесіп өтетін бейінде 4 бақылау ұңғымасы бұрғыланған (С-7А – С-10А) (24, 25-суреттер).



25-Сурет. Ұңғымалардың бейіні бойынша геологиялық кесінді

Барлық ұңғымалар бойынша жерасты суларының деңгейіне бақылау жүргізілді. Ұңғымалар бойынша жалпы деректер 13-кестеде берілген.

13-Кесте.

1209 – 4033 ұңғымаларының бейіні бойынша жерасты суларының деңгейін бақылау нәтижелері

Ұңғыма №	Ұңғыма тереңдігі, м	1209 «әскери» ұңғымасынан ара қашықтық, м	Су деңгейі, м	Су деңгейінің абс. белгісі, м	Деңгейдің салыстырмалы төмендеуі, м	Жерасты ағынның енісі
1209	601,0	0	11,6	331,9	-	-
C-7A	52,8	830	12,8	329,17	2,73	0,003↓
C-8A	44,1	1170	6,4	328,67	0,5	0,001↓
C-9A	25,6	1680	2,15	329,01	+0,34	0,001↑
C-10	72,0	2330	6,35	328,97	0,04	0,001↓
4033	74,7	3310	16,6	328,3	0,67	0,001↓

Кестеден көрінетіні, 1209 «әскери» ұңғымасынан жерасты сулары деңгейінің Шаған өз. алқабы жағына еңістігі байқалады. Өзеннің жайылма алқабында бақылау деректері бойынша C-9A ұңғымасында деңгейдің 34 см салыстырмалы жоғарылауы байқалған, бөлінген эрозиялық «терезе» шектеріндегі жерасты суларының қосымша инфильтрациялық қоректенуі туралы растайды [2].

2.2.9.2. №3 телімдегі жерасты суларының радионуклидтік ластануы

1209 ұңғымасы мен 4033 гидрогеологиялық ұңғыма арасында, ұзындығы 3,3 км, Шаған өзенін солтүстіктен оңтүстікке қарай кесіп өтетін бейінде бұрғылан-

ған С-7А, С-8А, С-9А және С-10А, 4 ұңғымаларынан аққан сулар сынамаларының радионуклидтік талдауы көрсеткендей, техногенді радионуклидтердің құрамы төменгі деңгейде тұр және ауыз суға арналған жеткілікті мәндерден аспайды (14-кесте) [2].

14-Кесте.

№3 телім. Жерасты суларындағы радионуклидтердің құрамы

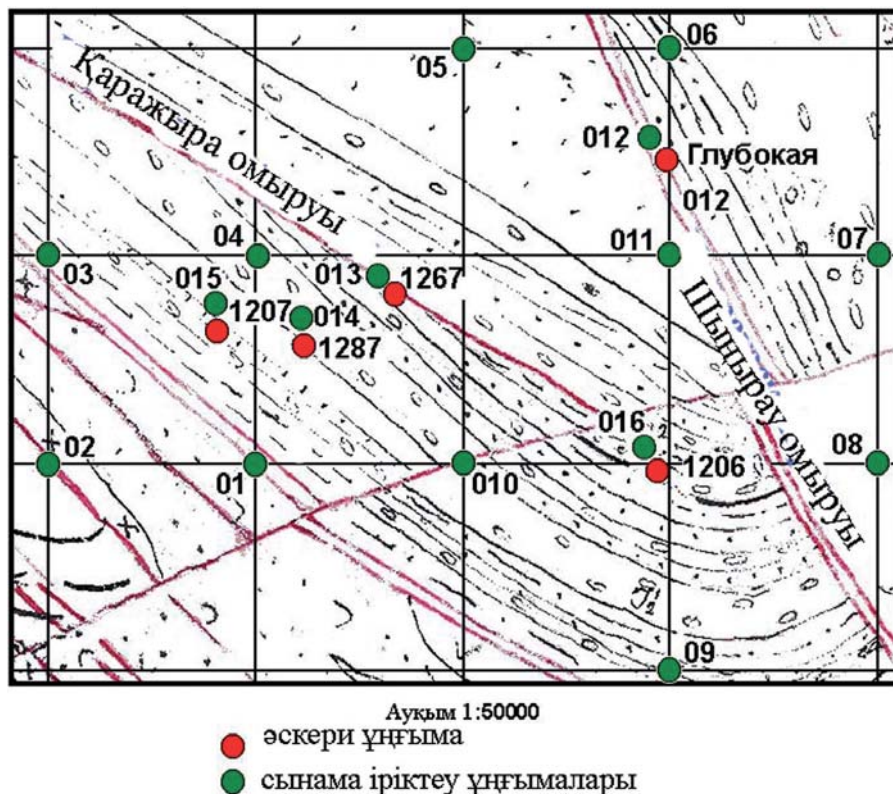
№ р/р	Сынаманы іріктеп алу орны	Іріктеп алу күні, ай, жыл	³ H, кБк/кг	⁹⁰ Sr, Бк/кг	¹³⁷ Cs, Бк/кг	Жақын «әскери»,ЖЯЖ қуаты 20 - 150кТ
1	С-7А	08.05	Деректер жоқ	0,25	0,31	<u>1340</u> 0,8
2	С-8А	08.05	0,1	0,03	<0,005	<u>1340</u> 1,2
3	С-9А	06.05	0,02	0,02	0,01	-
4	С-10А	08.05	Деректер жоқ	0,19	0,17	<u>1350</u> 2,3
5	4033	05.05	0,03	<0,01	0,06	<u>1350</u> 2,4

Мониторинг деректері бойынша 1209–4033 ұңғымалардың жармасында оңтүстік бағыттағы жерасты суларының еңісі С-9А ұңғымасының орналасу телімін есептемегенде оңтүстікке 0,003-тен 0,001 дейін азаяды. Бөлініп алынған эрозиялық «терезенің» шектерінде жерасты сулары қосымша инфильтрациялық корек алады. Бұл туралы радионуклидтік талдау нәтижелері де дәлел бола алады. С-9А ұңғымасынан іріктеп алынған суда тритийдің құрамы минималды, 0,02 кБк/кг дейін. Керісінше, 1340 және 1350 ұңғымаларында жүргізілген ЖЯЖ гидродинамикалық әсер етуші аймағына түсетін С-7А және С-10А ұңғымаларында стронций мен цезийдің салыстырмалы жоғары шоғырлануы байқалған.

Сонымен, аңғардың жоғарғы жағынан келетін су ағыны жеткілікті қарқынды және сызатты сулардың енуін тоқтатады. Өте құрғақ маусымда, аллювиальды шөгінділердегі сүзу азайғанда ластанған сызатты сулардың «әскери» ұңғыма жағынан өзеннің суларына енуі жүзеге асуы мүмкін.

2.2.10. №4 телім

Зерттеліп жатқан телім «Балапан» алаңының орталық бөлігінде, Шыңырау және Қаражыра омырулардың бірігу аймағында орналасқан. Аталған телімде «әскери» ұңғымаларда 5 ЖЯЖ жүргізілген: «Глубокая», 1206, 1267, 1207 және 1287. Жерасты суларының радионуклидтік ластану сипатын зерттеу үшін телімде 12 карталаушы ұңғыма бұрғыланған (26-сурет).



26-Сурет. «Балапан» алаңы. Жерасты суларының радиациялық мониторингі үшін бұрғыланған ұңғымалардың орналасу сұлбасы

2.2.10.1. №4 телімнің геологиялық құрылысы

Бұрғылау жұмыстарының нәтижелері бойынша анықталғаны, ұңғымалардың кесіндісінің жоғарғы бөлігі қалыңдығы аз, 5 м дейін, төрттік жастың аллювиальды-делювиальды борпылдақ шөгінділерінің қабатымен қаланған. Төменірек қалыңдығы 55 м жететін неоген саздары жатыр. Құзды шөгінділер конгломераттармен, құмдақтармен, алевролиталармен және ерте-орта юралық жастағы аргиллиталармен берілген.

Қысқартылған химиялық талдау нәтижелері бойынша судың минералдануы 8-ден 21 мг/дм³ дейін. Сулар сілтілі, сутектік көрсеткіш $pH < 7$. Cl^- және SO_4^{2-} негізгі аниондар болып табылады. Хлоридты сулар Шыңырау омыруының негізгі тігісі аймағында, телімнің солтүстік-шығыс және шығыс бөлігінде дамыған. Телімнің батыс бөлігінде сульфатты сулар басым. Телімнің оңтүстігінде және шығысында сулар көбінесе хлоридты. Катиондардан барлық сынамаларда Na^+ (>60%) басым. Сульфатты анион басым суда гидрокарбонатты құрауыш пен кальцийлі катионның құрамы хлоридты анион басым суларға қарағанда 2–3 есе жоғары екендігіне назар аудару керек. Алаңның зерттеліп жатқан бөлігіндегі жерасты сулары жалпы қозғалысының солтүстік, шығыс және солтүстік-шығыс бағыттары бар [2].

2.2.10.2. №4 телімдегі жерасты суларының радионуклидтік ластануы

Су сынамаларындағы тритийдің құрамын анықтау бойынша талдау нәтижелері 15-кестеде берілген. Техногенді радионуклидтердің ішінде су сынамаларында ^{137}Cs , ^{90}Sr және тритийдің құрамы анықталды. Барлық сынамаларда ^{90}Sr шоғырлануы 0,19 Бк/кг аспайды, ал ^{137}Cs шоғырлануы 0,82 Бк/кг аспайды. Бұл мәндер РҚН-99 АД_{тұрр.} бекітілген ауыз суға арналған деңгейден көп төмен [2].

15-Кесте.

№4 телім. Жерасты суларындағы радионуклидтердің құрамы

№р/р	Ұңғыма №	Тритийдің белсенділігі, кБк/кг	Жақын «әскери» ұңғыма, км
1	01	0,024	$\frac{1206}{1,9}$
2	06	150	$\frac{\text{Глубокая}}{0,5}$
3	07	140	$\frac{\text{Глубокая}}{1,2}$
4	08	160	$\frac{1206}{1,0}$
5	09	0,02	$\frac{1206}{1,1}$
6	010	0,02	$\frac{1206}{1,0}$
7	011	130	$\frac{\text{Глубокая}}{0,6}$
8	012	160	Глубокая
9	013	0,03	$\frac{1267}{0,1}$
10	014	0,04	$\frac{1267}{0,5}$
11	015	0,03	$\frac{1207}{0,1}$
12	016	0,04	$\frac{1206}{0,1}$

Жерасты суларындағы тритийдің алаңдық таралу сипаты аталған телімнің геологиялық құрылысы мен гидрогеологиялық жағдайларының ерекшеліктерімен бақыланады. Зерттеулер Шыңырау омыруының әсер етуші аймағы жерасты суларындағы ^3H шоғырлануының өте жоғары және 140-тан 160 кБк/кг дейін өзгертетінін, ал Қаражыра омырулы аймағынан – 0,02-ден 0,04 Бк/кг дейін өзгертетінін көрсетті. Сонымен, жұмыстардың нәтижелері бойынша жерасты суларындағы тритийдің жоғары мәндерінің солтүстік-батыс шекарасы нақтыланды.

«Балапан» алаңының омырулы бұзылулары орнығудың әр түрлі уақытымен сипатталатынын атап өткен дұрыс. Шыңырау омыруы Қалба-шыңғыс, Байғозы-Бұлақ омырулы бұзылулармен және Жанан жаншылу аймағымен салыстырған кезде аса соң-

ғы орнығудың құрылымы ретінде беріледі, өйткені мезозой ойығын шектейді. Орындалған гидрогеологиялық сынаудың нәтижелері бойынша су сіңіргіш жыныстардың Шыңырау омыруының әсер етуші аймағында ЖЯЖ жүргізу телімдерінен тритийдің жылыстауының қарқынына әсер ететін жоғары су өткізгіштік және су сіңіргіштік қасиеті бар.

3. РАДИОНУКЛИДТЕРДІҢ ЖЕРАСТЫ СУЛАРЫМЕН «БАЛАПАН» АЛАҒЫНАН ТЫС ЖЫЛЫСТАУЫН ЗЕРТТЕУ БОЙЫНША ЖҰМЫС НӘТИЖЕЛЕРІ

Техногенді радионуклидтердің жерасты сулары ағындарымен «Балапан» алаңынан тыс болжамды жылыстау проблемасына бұрын қажетті назар аударылмаған болатын. Соңғы жылдары бұл сұрақ ССП аумағының бір бөлігін шаруашылық айналымына беру мақсатында кешенді зерттеулер жүргізу жөніндегі жұмыстар құрамында зерттеле бастады.

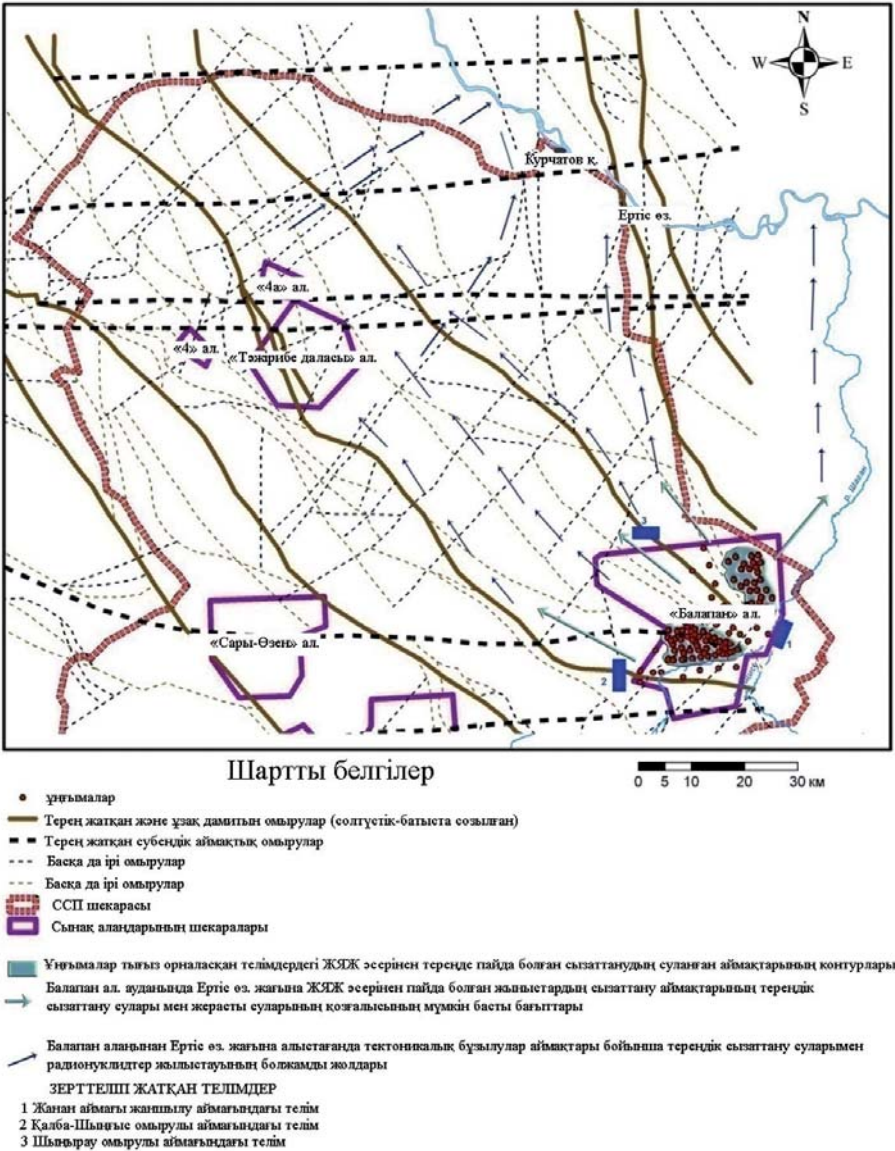
Ластанған жерасты суларының болжамды жолдары туралы жалпы түсінік алу үшін полигон аумағы Ертіс өзенінің сол жағалауының аймақтық гидрогеологиялық жүйенің құрамына кіретінін атап өткен жөн. Жерасты сулары қозғалысының басты бағыты солтүстік-солтүстік-шығыс. Ертіс өзенінің алқабы жерасты суларының құйылу облысы болып табылады. Зерттеулер аумағының шектерінде көбінесе іргетас пен омырулы бұзылулар жыныстарының экзогенді желдену аймақтарына орайластырылған сызатты сулар даму алған.

Гидрогеологиялық зерттеулердің әлемдік тәжірибесінен анықталғаны - жерасты суларының омырулы бұзылулардың әсер етуші аймақтарындағы жоғары сүзу сипаттамаларымен ерекшеленеді. Тиісінше, «Балапан» алаңы– Шыңырау, Қалба-Шыңғыс және Байғозы-Бұлақ аймақтық омырулары – радионуклидтердің жерасты суларымен жылыстауының негізгі бағыты ретінде қарастыруы мүмкін. Ерекше орынды Жанан-жаншылу аймағы алады.

Жерасты ядролық жарылыстың геологиялық құрылыс ерекшеліктері мен сандық таралуынан шығатыны, «Балапан» алаңында радионуклидтер шоғырлануының сына тәрізді ойықпен шектелген, көбінесе юраның шөгінділерімен жасалған екі басты блогы бөлініп алынады (27,1-суреттер).

Орталық аймақ. Аталған аймақта 64 «әскери» ұңғыма шоғырланған, олардың негізгі мөлшері (56) көлемі 80 км², Шаған өз. мен Шыңырау омыруының оңтүстік тармағы – Қаражыра омыруының арасындағы телімде орналасқан. ЖЯЖ соншалықты мөлшерінің жүргізілуі гипоцентрдың деңгейінде жыныстардың қалпына келместей деформациялануына, техногенді сызаттанудың қиылысқан аймақтары мен қазіргі бар сызаттардың жаңаруына әкелді. Жарылыстардың бірқатары кезінде бақылау ұңғымаларында гидрогеодинамикалық ахуалдың өзгеруі тіркелген пьезометриялық бетінің төмендеуінің аса байқалған аймақтық тренды бекітілді [13]. Қарастырылып отырған телім солтүстік-батыс бағыттағы омырулы бұзылулардың үлкен мөлшерін ескере отырып, жерасты суларының суға толуы және белсенді динамикасы үшін қолайлы позицияда тұр. Сонымен, сызатты сулардың Ертіс өз. қарайғы бағытта құйылуы бар солтүстік-батыс бағыт орталық аймақтан жерасты сулары қозғалысының аса болжамды бағыты болып табылады.

Солтүстік-шығыс аймақ. Аталған аймақта 42 жерасты ядролық жарылыс жүргізілді, бұл кезде әскери ұнғымалардың (27) аса жоғары тығыздығы көлемі шамамен 80 км², «Балапан» алаңының солтүстік-шығыс бөлігінде орналасқан телімде байқалған. Жерасты сулары қозғалысының солтүстік-шығыс аймақтан бағытымен бұзылу құрылымдарының бағыты анықталған және солтүстік-батыс сияқты солтүстік, сондай-ақ солтүстік-шығыс бағыты бар.



27-Сурет. Техногенді радионуклидтердің сызатты-желілік сулармен болжамды аймақтық бағыттарының сұлбасы

Сонымен, қазіргі уақытта радиоактивті өнімдердің жерасты суларымен «Балапан» сынақ алаңынан тыс жылыстауын зерттеу кезінде басты назар аймақтық омырулардың әсер етуші аймақтарының ахуалының талдауына жасалады. Төменде аталған тақырып бойынша соңғы жылдары алынған жұмыс нәтижелері берілген.

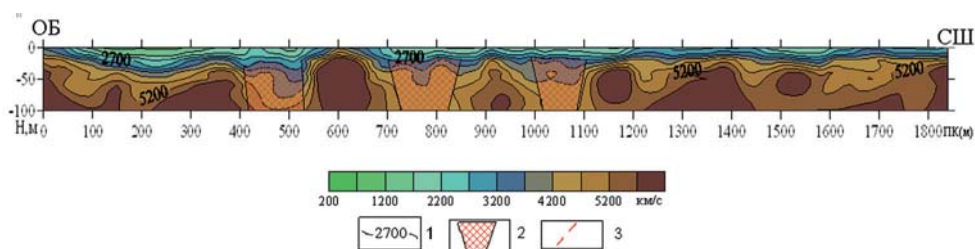
3.1. Қалба-Шыңғыс омыру аймағындағы жерасты суларының жағдайын зерттеу нәтижелері

3.1.1. Геологиялық-гидрогеологиялық жағдайлар

«Балапан» алаңында аса ірі тектоникалық құрылым болып Шыңғыс-Тарбағатай және Жарма-Сауыр құрылымдық-формациялық аймақтарын (ҚФА) бөліп жатқан Қалба-Шыңғыс омыруы саналады. Омырудың жалпы созылып жатуы солтүстік-батыс, «Балапан» алаңының шектерінде – субендік. Ығыстырушының беті $70-85^\circ$ бұрышпен оңтүстік-батысқа енеді. Омырудың әсер етуші аймағының ені 10 км жетеді. Кейде Қалба-Шыңғыс омыруы кулиса тәріздес омырулар сериясына бөлінеді.

Жұмыстардың телімі «Балапан» алаңының оңтүстік-батыс бөлігінде орналасқан және 27-суретте 2 санымен белгіленген. Жұмыстардың құрамына геофизикалық зерттеулер, бұрғылау және тәжірибелік-сүзу жұмыстары, радионуклидтік талдау үшін жерасты сулары сынамаларын іріктеп алу кірді.

Геофизикалық зерттеулер. Ұңғымаларды орнату үшін қолайлырақ жерді таңдап алу үшін Қалба-Шыңғыс трассасы бойынша рефрагирленген толқындар әдісімен (РТӘ) сейсморлау жұмыстары жүргізілді. Әр телімдегі бейіндердің ұзындығы жергілікті жердің бедер ерекшеліктері мен геологиялық-құрылымдық жағдайларды ескере отырып таңдалды. Қалба-Шыңғыс омырудың әсер етуші аймағындағы геофизикалық бейіннің ұзындығы 1840 м. Аталған әдіс 150 м тереңдікке дейінгі геологиялық киманың жоғарғы бөлігінің құрылысын анықтау үшін қолданылған. Әр бейін қарсы жүретін және соңынан жүретін годографтардың жүйелері бойынша өңделген, бақылаулар қадамы – 10 м, сейсмикалық толқындардың қозғалысының пункттері арасындағы ара қашықтық 100 м. Алынған жылдамдық кесіндісі 28-суретте берілген.



1 – жылдамдық изосызығы, м/с; 2 – тектоникалық аймақ; 3 – тектоникалық бұзылу

28-Сурет. Бейін бойынша жылдамдық кесіндісі

Жылдамдықтық сейсмикалық кесіндінің талдау нәтижелері бойынша 180–260 м, 1130–1180 м және 1520–1580 м пикеттер аралығында тау жыныстарының тығыздалу аймақтары бөлінген, олар ұңғымаларды орнату үшін ақпараты бар сейсмикалық толқындардың төмендетілген жылдамдығын сипаттайды.

Ұңғымаларды бұрғылау. Геофизикалық жұмыстардың нәтижелерін ескере отырып, ұңғымаларды орнату орны таңдап алынып, 2 ұңғыма бұрғыланды. 30/1 ұңғымасы саңылаулы суларды зерттеу үшін жүріп өтілді, 30Р ұңғымасы –сызатты суларды зерттеу үшін. Ұңғымалар жөніндегі жалпы деректер 16-кестеде берілген.

16-Кесте.

Ұңғымалар жөніндегі жалпы деректер

Ұңғ. №	Ұңғ. тереңдігі, м	ҚШТ, м	Омыру трассасы	^{137}Cs , Бк/кг	$^{239+240}\text{Pu}$, Бк/кг	^3H , кБк/кг
30/1	4,5	3,30	Қалба-Шыңғыс	<0,01	<0,004	<0,011
30Р	49	4,7	Қалба-Шыңғыс	<0,01	<0,0016	0,05

30/1 ұңғымасы бойынша сүзу-тәжірибелік жұмыстардың нәтижелері бойынша: $K_{\phi} = 0,72$ м/тәул.; $q=0,09$ м³/сағ.

3.1.2. Жерасты суларының радионуклидті ластануы

Бұрғыланған ұңғымалардан іріктеп алынған жерасты сулары сынамаларының радионуклидтік талдау нәтижелері кестеде берілген (16-кесте) [2]. Қалба-Шыңғыс омыруы аймағындағы жерасты суларында ^{137}Cs және $^{239+240}\text{Pu}$ техногенді радионуклидтердің құрамы МРБ аз, 30Р ұңғымасындағы ^3H шоғырлануы 0,05 кБк/кг құрады. Радионуклидтер шоғырлануының табылған мәндерінің радиациялық қауіпі жоқ және сумен және тағаммен түсуі кезінде тұрғындар үшін РҚН-99 бекітілген араласу деңгейінен көп төмен тұр. Сол уақытта, аймақтық омырудың сызатты-желілік суларында три-тийдің табылу дерегі Қалба-Шыңғыс омыру аймағы бойынша солтүстік-батыс бағытта техногенді радионуклидтердің жылыстауының бар екендігі туралы растайды.

3.2. Шыңырау омыруы аймағындағы жерасты суларының жағдайларын зерттеу нәтижелері

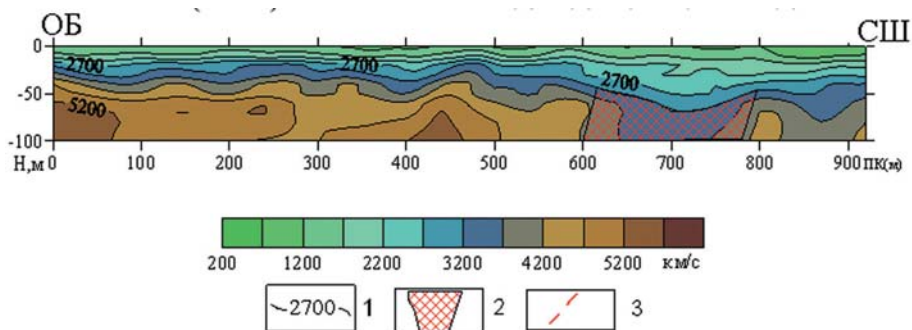
3.2.1. Геологиялық-гидрогеологиялық жағдайлар

Жұмыстар телімі «Балапан» алаңының солтүстік-батыс бөлігінде орналасқан және 27-суретте 3 санымен белгіленген.

Геофизикалық зерттеулер. Омыруларды карталау және бақылау ұңғымаларын орнатуға қолайлы жер таңдау үшін Шыңырау трассасы бойынша РТӘ барлау және жақын аймақта өріс жасау әдісімен электрлік барлау (ЗСБ) арқылы сейсmobарлау жүргізілді. Бейіннің ұзындығы 920 м және бедердегі нақты көрінетін төмпешікке орайластырылған.

Рефрагирленген толқындар әдісі (РТӘ). Алынған жылдамдықтық кесінді 29-суретте берілген.

Жылдамдықтық сейсмикалық кесіндінің талдау нәтижелері бойынша 450–580 м пикеттер аралықтарында тау жыныстарының ұңғымаларды орнату үшін ақпараты бар сейсмикалық толқындар жылдамдығын сипаттайтын тығыздалу аймағы бөлініп алынған.



1 – жылдамдықтың изосызығы, м/сек; 2 – тектоникалық аймақ; 3 – тектоникалық бұзылу

29-Сурет. Бейін бойынша жылдамдықтық кесінді

Ұңғымаларды бұрғылау. Геофизикалық жұмыс нәтижелерін ескере отырып ұңғымаларды орнату орны таңдап алынып, 2 ұңғыма бұрғыланды (17-кесте). 31/1 ұңғымасы саңылаулы суларды зерттеу үшін, 31Р ұңғымасы – сызатты суларды зерттеу үшін жүріп өтілді. Ұңғымалар жөніндегі жалпы деректер 17-кестеде берілген.

17-Кесте.

Ұңғымалар жөніндегі жалпы деректер

№ р/р	Ұңғ. №	Ұңғ. тереңдігі, м	ҚШТ, м	Ескерту
3	31/1	15	–	Желдену қыртысы шнекпен бұрғыланған
4	31Р	35	5,3	Ағынды көкжиек ашылған

17-кестеден көретініміздей, 31/1 ұңғымасындағы топырақ суларының деңгейі сулар құрамын бақылау үшін жоспарланған ұңғыманың жоспарлы тереңдігінен төмен тұр. 31Р ұңғымасы 31/1 ұңғымасынан шетте, бұл орында қалыңдығы жоғары борпылдақ шөгінділер қабының болжамды болуын ескере отырып, бұрғыланды. 5,3 м тереңдікте сулы кешен ашылды.

3.2.2. Жерасты суларының радионуклидтік ластануы

31/1 ұңғымасы сусыз болып шықты. 31Р ұңғымасынан аққан су сынамасының зертханалық талдау нәтижелері бойынша, тритийдің шоғырлануы 0,750 кБк/кг құрады, бұл сумен және тағаммен түсуі кезінде тұрғындар үшін РҚН-99 бекітілген араласу деңгейінен (7,7 кБк/кг) көп төмен [2]. Сол уақытта аймақтық омырудың сызатты-желілік суларында тритийдің табылу дерегі Шыңырау омыруы аймағы бойынша солтүстік-батыс бағытта техногенді радионуклидтердің жылыстауының бар болуы туралы білдіреді.

3.3. Жананжаншылу аймағындағы жерасты суларының жағдайларын зерттеу

Телім Шаған өзенінің сағасы бойымен төмен «Атом» көлі сыртқы су қоймасынан солтүстікке қарай 12 км қашықтықта орналасқан және 27-суретте 1 санымен берілген. Орындалған геологиялық-геофизикалық жұмыстар нәтижелері бойынша тритиймен ластанған жерасты суларының жербеткі суларға түсу механизмдері анықталды

және зерттелді. Шаған өзенінің суындағы тритийдің шоғырлануы 700 кБк/кг жетеді, бұл сумен және тағаммен түсуі кезінде тұрғындар үшін РҚН-99 бекітілген араласу деңгейінен (7,7 кБк/кг) 100 еседей жоғары.

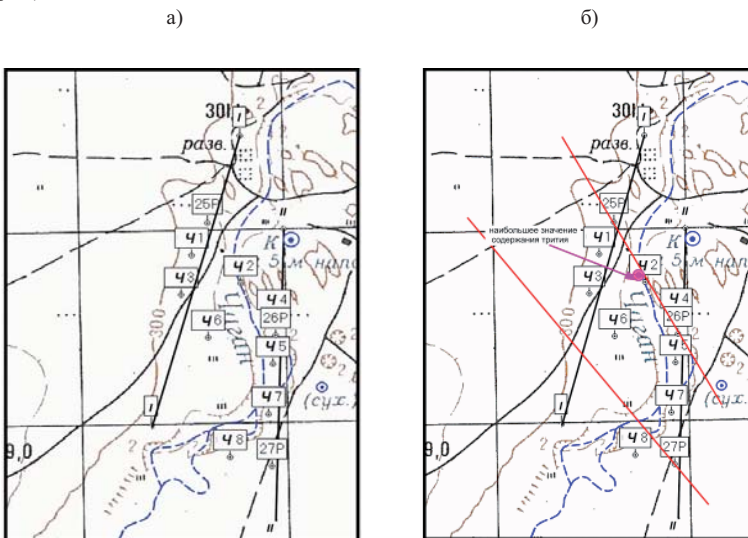
Техногенді радионуклидтердің жербеткі суларына түсуінің жолдары мен сипатын зерттеу радиоактивті ластанған жерасты суларының Шаған өзеніне құйылуының қарастырылып отырған телімінің шектеріндегі радиоэкологиялық жағдайды бағалау үшін негізгі міндеттердің бірі болып табылады. «Балапан» алаңының шығыс шекарасында жүргізілген зерттеулер шеңберінде өзеннің әр түрлі жастағы сулы көкжиегімен өзара байланысының негізгі ерекшеліктерін орнату және техногенді радионуклидтердің жерасты суларынан жербеткі суларға түсуіне сандық бағалау беру қажет.

3.3.1 Алдын ала зерттеулер

3.3.1.1. Геологиялық-гидрогеологиялық жағдайлар

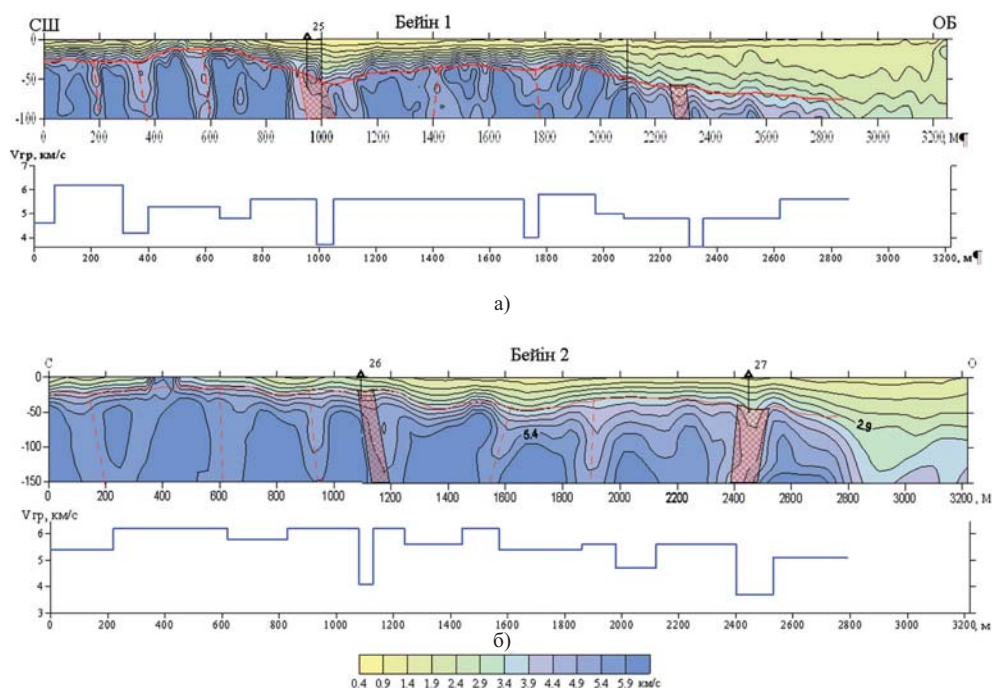
Радиоактивті ластанған жерасты суларының құйылу аймағының құрылысын алдын ала зерттеуге арналған жұмыстар телімі сағаасты сулардағы тритийдің шоғырлануының максималды мәндері бар өзеннің бөлігінде орнатылды. Зерттеулер кешеніне-геофизикалық зерттеулерді, бұрғылау және тәжірибелік-сүзу жұмыстарын жүргізуді, сондай-ақ химиялық және радионуклидтік құрамын анықтау үшін жерасты сулары сынамаларына зертханалық талдау жүргізу кірді.

Геофизикалық зерттеулер. Екі бейін – I (сол жағалаудың бойымен) және II (оң жағалаудың бойымен) бойынша, әрқайсысының ұзындығы 3 км-ден, КМПВ-МРВ (50 - 100 м тереңдікке дейін) және ВЭЗ (70 м тереңдікке дейін) әдістерімен өлшеу орындалды (30-сурет).



30-Сурет. «Балапан» алаңы. Шаған өз. ауданы: а) 2009 ж. бұрғыланған ұңғымалары бар бейіндердің сұлбасы (I, II); б) сейсморазведка деректері бойынша тектоникалық бұзылулар сұлбасы (кызыл сызықтар)

31-суретте КМПВ-МРВ әдісімен сейсmobарлау нәтижелері бойынша құрылған жылдамдықтық кесінділер берілген. Кесінділердің жоғарғы бөлігі төмен жылдамдық-ты төрттік шөгінділермен берілген. Бұрын құрылған «Балапан» алаңы үшін типтік жылдамдықтық кесіндіден шығатыны, борпылдақ шөгінділердің табаны, МРВ дерек-тері бойынша, ұзына бойы толқынның 1,4 км/сек дейінгі жылдамдық мәні бар изосы-зықпен контурланған (қатпарлық жылдамдықтар 0,5–0,8 км/сек). Бұл жағдайда 31-су-реттен байқалғандай, төрттік шөгінділердің қалыңдығы 10–15 м аспайды (бейіндердің оңтүстік-батыс бөлігі). Бейіндердің солтүстік бөлігінде (ПК 350 – ПК 550) төрттік шөгінділердің қалыңдығы азаяды және, годографтар бойынша нақтылауға сәйкес, 1–2 м құрайды.

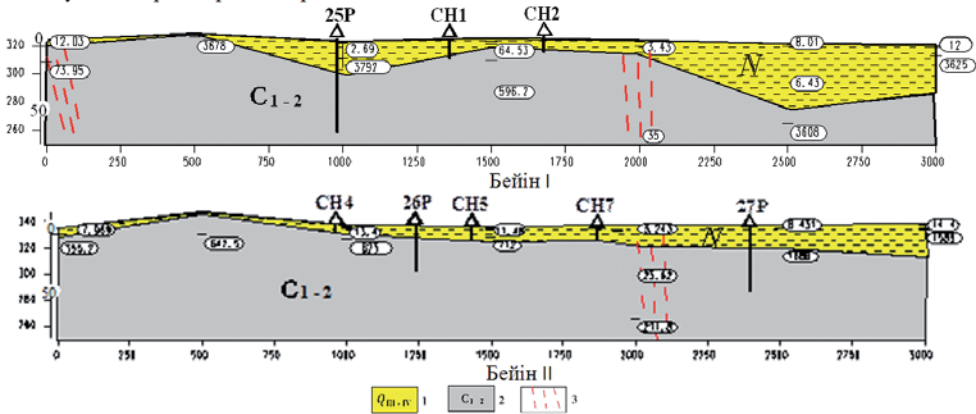


31-Сурет. «Балапан» алаңы. Шаған өзенінің ауданы. Бейін бойынша жылдамдықтық кесінділер (біраз интерпретациясы бар): а) I (сол жағалау); б) II (оң жағалау)

Кесінді бойымен төмен 1,4–1,8 км/с (бейіндер оңтүстігі) 2,0–2,3 км/с дейін (бейіндердің солтүстігі) қатпарлық жылдамдықтармен сипатталатын неоген саздары орнығады. Бейіндер бойынша неоген саздардың қалыңдығы оңтүстік-батыс және оңтүстік бағыттарда 60 м дейін өседі. I және II бейіндер аралығында ПК 350 және ПК 550 пикеттер арасында саздар кірігеді. Іргетас жыныстары бойынша дамыған желдену қыртысы 2,5–4,5 км/с жылдамдық мәні бар изосызықтармен сипатталады. Бөлінетін шекара іргетастың желденуге ұшырамаған жыныстарының жабындысы бойынша өтеді. Бұл шекараның орнығу тереңдігі бейін бойынша 12-ден 80 м дейін өзгереді. Бұзылмаған массивтегі шекаралық жылдамдықтар 4,2–6,2 км/с құрайды. Бұзылмаған массивтегі әлсізденген аймақтар 3,4 – 4,0 км/с дейінгі шекаралық жылдамдықтардың

төмендетілген мәндерімен сипатталады және омырулы бұзылулармен қоса жүретін сызаттану аймақтарына орайластырылған.

Бейіндердің солтүстік бөлігінде (ПК 350 – ПК 550) іргетастың көтерілуі байқалады, жоғарғы жиектің тереңдігі 12–20 м. Бұл көтеріңкі блок оңтүстіктен солтүстікке дейін тектоникалық бұзылуларды шектейді (ПРІ – ПК 370 және ПК 570, ПРІІ – ПК 610 және ПК 920). І және ІІ бейіндердің бойымен ВЭЗ әдісімен 500 мқадаммен кесіндінің жоғарғы бөлігінің борпылдақ шөгінділерінің қалыңдығын нақтылау үшін жүргізілді (32-сурет).



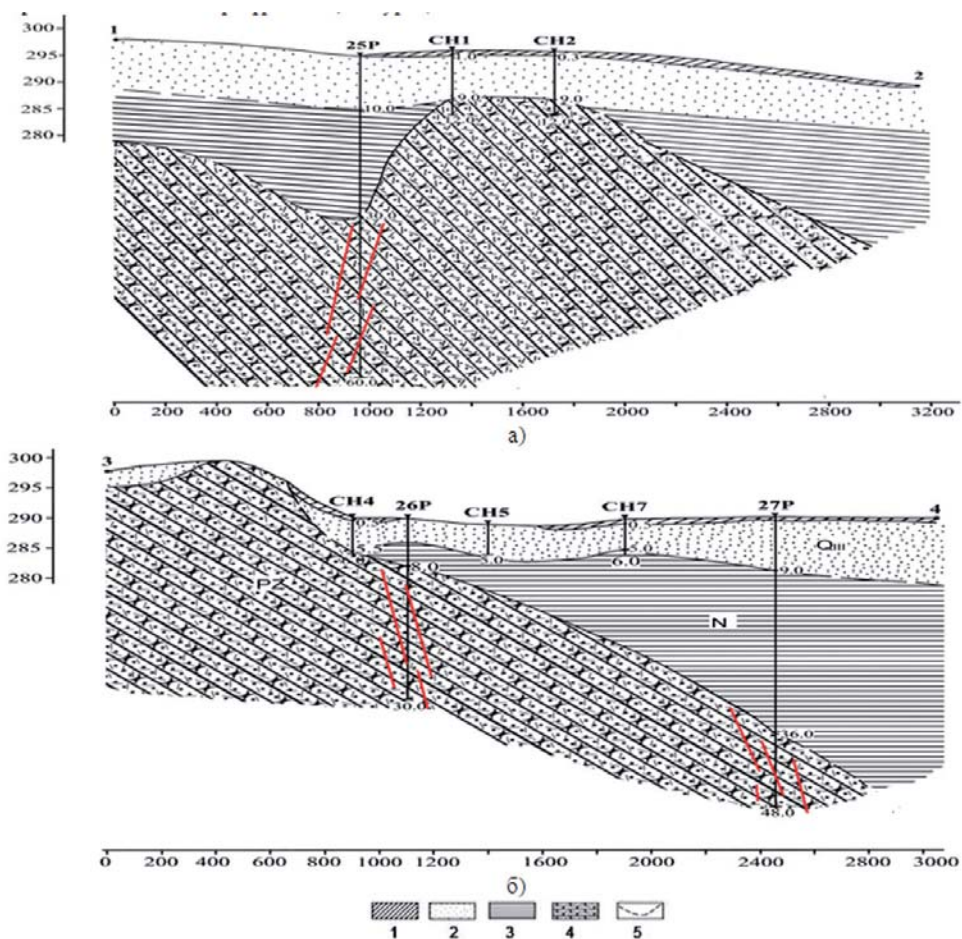
- 1 – кесіндінің жоғарғы бөлігі (кұмдасын, құмдақ, саз); 2 – таскөмір жасының жергілікті жыныстары;
3 – тектоникалық жағынан әлсізденген аймақтар

32-Сурет. «Балапан» алаңы. Шаған өзенінің ауданы.

ВЭЗ деректері бойынша геоэлектрикалық кесінділер (500 м қадаммен)

Электрлік барлау деректері бойынша, борпылдақ төрттік шөгінділер мен неоген саздарының қалыңдығы І бейін бойынша бірлік метрлерден (ПК 500) 50 м (ПК 2500) дейінгі, ІІ бейін бойынша – бірлік метрлерден (ПК 500) 18 м (ПК 2500) дейінгі шектерде өзгереді. 30 Ом*м реттік салыстырмалы төмен электрлік кедергілер аймағы ПК 2000-де 75 меселік тереңдікке дейін байқалған. Омырулы бұзылулар аймақтары ВЭЗ жеке нүктелерінде электрлік кедергілердің салыстырмалы төмендетілген мәндерімен бөлінеді.

Бұрғылау жұмыстары. Жылдамдықтық және геоэлектрлік кесінділердің деректері бойынша тектоникалық бұзылудың әсер етуші аймақтарына орайластырылған бағандық және шектік ұңғымаларды орнату нүктелері анықталды (31, 32-суреттер). 3 бағандық бақылау және 8 шнектік ұңғымалар бұрғыланды, бұларда тәжірибелік-сүзу жұмыстары жүргізілген. Бұрғылану нәтижелері бойынша геологиялық-геофизикалық кесінділер құрылды (33-сурет).



33-Сурет. «Балапан» алаңы. Шаған өзенінің ауданы. Бейіндер бойынша геологиялық-геофизикалық кесінділер: а) I - I (сол жағалау); б) II - II (оң жағалау)

Алынған деректер Шаған өз. арнасының үш шақырымдық телімінің шектерінде палеозой іргетасының бедерін нақтылауға мүмкіндік берді. Зерттеліп жатқан алаңда су сіңіргіш жыныстар туфқұмдасындармен берілген. Сызатты сулардың көкжиегін ашқан 25P, 26P, 27P ұңғымалары бойынша жерасты суларының деңгейлері 0,8-ден 7,5 м дейінгі тереңдікте жатыр. Сүзу коэффициенті 0,04 м²/тәул-тен 0,13 м²/тәул дейін, дебит – 3,24 м³/тәул-тен 6,4 м³/тәул дейін өзгереді. Сонымен, 25P – 27P ұңғымаларымен ашылған жыныстарды әлсіз сіңіретіндерге жатқызуға болады.

3.3.1.2. Жерасты суларының радионуклидтік ластануы

1 Бейін. Бірінші бейінде 25P бақылау ұңғымасы солтүстік тектоникалық бұзылудың таралу аралығында бұрғыланған. Зертханалық талдау нәтижелері бойынша,

25Р ұңғымасынан аққан судағы тритийдің шоғырлануы тек 0,8 кБк/кг құрады. Шаған өзеніндегі тритийдің максималды шоғырлануы 700 кБк/кг деңгейінде екендігін ескере отырып, ластанған сулар түсуінің негізгі каналы басқа жерде орналасқан деген қорытынды жасауға болады.

2 Бейін. Саңылаулы суларды зерттеу үшін 2 бейінде 3 шнектік ұңғыма бұрғыланды (СН4, СН5 және СН7). Олардың ішінен тек СН7 ұңғымасында ғана су болды. Судағы тритийдің шоғырлануы 3,2 кБк/кг құрады. Сызатты суларды зерттеу үшін 26Р ұңғымасы солтүстік омырулы бұзылу аймағында, 27Р ұңғымасы оңтүстік шектерінде жүріп өтілді. Зертханалық талдау нәтижелері бойынша, омырулы бұзылуларға орайластырылған жерасты суларындағы тритийдің шоғырлануының айырмашылықтары бар, 26Р ұңғымасында 2,5 кБк/кг, 27Р ұңғымасында 140 кБк/кг құрады. Қарастырылып отырған омырулы бұзылулар Жанан жаншылу аймағының солтүстік шекарасына субпараллель және 0,1 км (оңтүстік тармақ) және тиісінше 1,5 км (солтүстік тармақ) арақашықтықта алыстап кеткендігін атап өту қажет. Сонымен, оңтүстік омырулы бұзылудың әсер етуші аймағында дамыған жерасты суларындағы тритийдің көп құрамы (бекітілген РКН-99 20 есе жоғары) техногенді радионуклидтердің ЖЯЖ жүргізу телімдерінен Жанан жаншылу аймағының солтүстік шекарасы бойымен жылыстауына байланысты болуы мүмкін. Жұмыстар телімінен 13,2 км солтүстік-батысқа қарай орналасқан «Солтүстік» телімінің шектерінде жүргізілген тәжірибелік зерттеулер деректері бойынша «Балапан» алаңында 1194–4765 кБк/кг жететін тритийдің максималды жоғары шоғырлануы тіркелгендігін атап өту қажет.

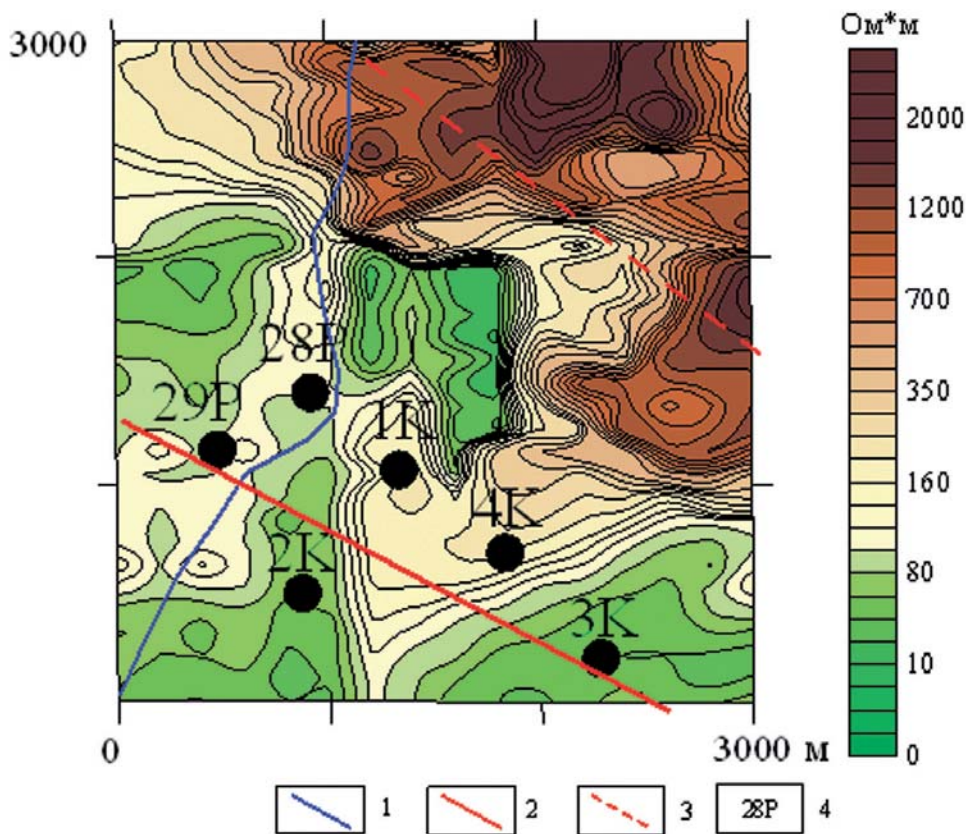
27Р ұңғымасының радиологиялық сынау деректері бойынша бөлінген радиоактивті ластанған жерасты суларының ореолы қалыңдығы 20 м асатын неоген саздарының қабатымен Шаған өзенінің аллювиальды шөгінділерінде дамыған жоғары жатқан сулы көкжиектен сенімді оқшауланған. Бұл жерасты суларындағы құрамымен салыстырғандағы тритийдің арнаасты суларындағы салыстырмалы төмен құрамымен (1,3 кБк/кг) де жанама расталады.

3.3.2. Шаған теліміндегі жан-жақты зерттеулер

3.3.2.1. Геологиялық-гидрогеологиялық жағдайларды нақтылау

Геологиялық құрылысы мен гидрогеологиялық жағдайларды нақтылау тритиймен ластанған жерасты суларының таралу телімінде геофизикалық зерттеулер, бұрғылау және тәжірибелік-сүзу жұмыстарының кешені қосымша орындалды.

ПП-ОГ әдісімен орындалған алаңдық жұмыстар. Ластанған жерасты суларының таралу телімінде пайда болған поляризацияның орта градиент әдісімен (ПП-ОГ), өлшемі 3х3 км алаңдық зерттеулер жүргізілді. Жұмыстар нәтижелері 34-суретте берілген.



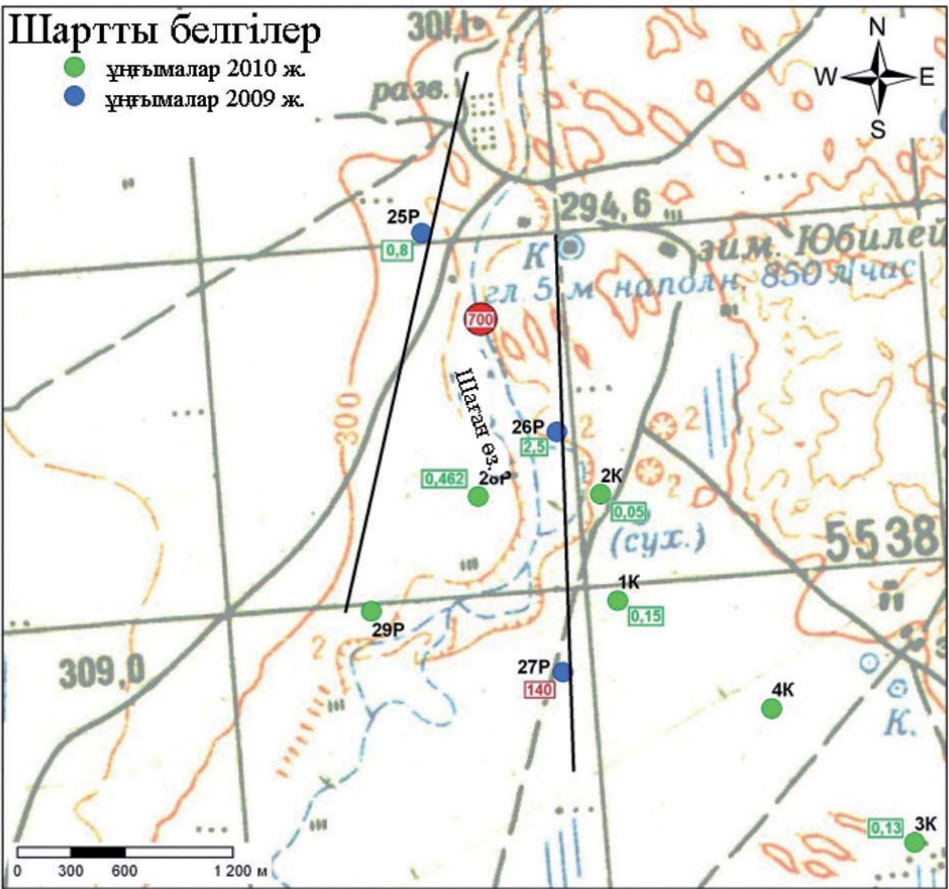
1 – Шаған өзені; 2, 3 – Жанан жаншылу аймағына субпараллель омырулы бұзылулар; 4 – ұңғыма

34-Сурет. Шаған өзенінің телімі. ПП-ОГ материалдары бойынша құрылған, геоэлектрлік кедергінің таралу картасы

Геоэлектрлік кедергінің таралу картасына қосымша қор деректері бойынша Жанан жаншылу аймағына субпараллель омырулы бұзылулар енгізілді. Телімнің солтүстік-шығысында төмен су сіңімді шөгінділер туралы растайтын электрлік кедергінің жоғары мәндер облысы бөлініп алынды. Телімнің орталығында және оңтүстік-шығысында жыныстардың болжамды суға толымдысын көрсететін электрлік кедергінің төмен мәндері тіркелді.

Ұңғымаларды бұрғылау. Геологиялық-геофизикалық деректер негізінде Шаған өзенінің алқабында 28Р және 29Р, 1К, 2К және 3К бес ұңғымасы орнатылды және бұрғыланды. Ұңғымалардың орналасу сұлбасы 35-суретте көрсетілген.

Бұрғыланған ұңғымалар туралы мәлімет 18-кестеде берілген.



35-Сурет. Шаған өзенінің телімі. Бақылау және карталау ұңғымаларының орналасу сұлбасы.

18-Кесте.

Шаған телімі. Ұңғымалар бойынша жалпы деректер

№ р/р	Ұңғ. №	Ұңғ. тереңдігі, м	ҚШТ, м	¹³⁷ Cs, Бк/кг	⁹⁰ Sr, Бк/кг	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu, Бк/кг	³ H, кБк/кг
1	28P	35	2.1	<0,01	<0,01	<0,00251	0,45
2	29P	81	6.3	<0,01	<0,005	<0,004	1,5
3	1K	65	2.9	<0,01	<0,01	-	0,15
4	2к	30	3.7	<0,01	<0,01	-	0,05
5	3K	31	1	<0,02	<0,01	-	0,13
6	4K	-	-	<0,01	<0,004	<0,0019	0,025

3.3.2.2 Шаған өзені теліміндегі жерасты суларының радионуклидті ластануы

Бұрғыланған ұңғымалардан іріктеп алынған сынамаларда тритийдің шоғырлануын анықтау бойынша зертханалық талдау нәтижелері 18-кестеде берілген [2]. Жан-жақты зерттеу телімінде жерасты суларындағы техногенді радионуклидтердің төмен құрамы ластанған жерасты суларының Шаған өзеніне оқшау құйылуы туралы растайды. Аса қолайлы жағдайлар 25Р және 26Р бақылау ұңғымалары арасында неогеннің суға төзімді саздардың кірігу телімінде эрозиялық «терезе» шектерінде бар (33-сурет). Жербеткі су ағындарындағы тритийдің шоғырлану мәндеріндегі (700 кБк/кг) және ұңғымалардан іріктеп алынған су сынамаларындағы шоғырлану мәндеріндегі үлкен айырмашылыққа қарай (0,8-ден 2,5 кБк/кг дейін), су өткізетін аймақ қалыңдығы бойынша үлкен емес және, мүмкіндігінше, анық көрінген сызатты-желілік типі бар.

ҚОРЫТЫНДЫ

«Балапан» алаңындағы жерасты суларындағы зерттеу нәтижелері келесі қорытындылар жасауға мүмкіндік береді:

1. Жерасты суларының «Балапан» алаңындағы техногенді радионуклидтермен ластануы

«Балапан» алаңында сызатты және сызатты-желілік жерасты сулары ЖЯЖ радиоактивті өнімдерінің негізгі таратушысы болып табылады.

Гидрогеологиялық ұңғымалардың қажетті желісінің жоқтығына байланысты, техногенді радионуклидтердің таралу сипаты туралы біржақты қорытындылар жасау, тұтасымен алғанда, «Балапан» алаңы бойынша мүмкін емес. Жүргізілген зерттеулердің нәтижелері бойынша 10 алаңда жерасты суларының алаңдық радиоактивті ластану сипатын келесі түрде қарастыруға болады.

Цезий-137. Судың барлық зерттелетін сынамаларында ^{137}Cs шоғырлануы ауыз суға арналған рауалы мәндерден асқан жоқ. ^{137}Cs максималды мәндері (4 Бк/кг) 1056 «әскери» ұңғымасынан 50 м-де орналасқан 1А гидрогеологиялық ұңғымасында табылған.

Стронций-90. Алаң аумағының көп бөлігінде ^{90}Sr жерасты суларындағы шоғырлану мәндері 1,0 Бк/кг аспайды, бұл ауыз суға арналған рауалы мәндерден аспайды. ^{90}Sr максималды шоғырлауы, 1240 Бк/кг, 1А ұңғымасында табылды. «Әскери» ұңғымадан алыстаған бірінші жүз метрде бұл радионуклидтің құрамы мБк/кг дейін төмендейді.

Сонымен, шоғырланулардың төмен мәндері болуы себепті ^{137}Cs және ^{90}Sr алаңдық таралу сипатында қандайда бір ерекшеліктер табылған жоқ. Бұл кезде «Заречье» телімінде интрузивті массивтер етегіне орайластырылған телімдердегі жерасты суларында ^{90}Sr шоғырлануының жоғары мәндері табылған болатын, ал ^{137}Cs жоғары құрамының аймағы палеоалқаптың аса тік қапталының бойымен созылған және 1350 және 1352 ұңғымаларындағы ЖЯЖ жүргізу телімдеріне тартады.

Плутоний-239+240. Зерттеліп жатқан телімдері жерасты суларындағы $^{239+240}\text{Pu}$ құрамы 0,002 Бк/кг тең МРБ аспайды.

Тритий. Жерасты суларының негізгі ластаушысы болып табылады. Жерасты суларындағы ^3H шоғырлануы 0,007, 4760 кБк/кг дейін тең минималды-детектрленген белсенділіктен мәндердің кең диапозонында өзгереді. Аталған радионуклидтің ерекше айырмашылығы – тритий судың құрамына кіреді және тау жыныстарымен сіңірілмейді.

Осыған байланысты, «Балапан» алаңының гидрогеологиялық жағдайы ерекшеліктерінен шығатыны, бұл радионуклидтің алаңдық таралу сипатында әр түрлі телімдерде өзіндік ерекше айырмашылықтары бар. Тритийдің максималды шоғырлануы, 4760 кБк/кг, «Солтүстік» телімінде 1308 «әскери» ұңғымасынан 950 м-де орналасқан 17А ұңғымасында табылған. Ластану көзінен 1,3 км алыстау кезінде тритийдің шоғырлануы 1200 кБк/кг дейін төмендегені айтылған.

«Солтүстік-шығыс», «Оңтүстік-батыс» және «Заречье» телімдерінде сондай-ақ «әскери» ұңғымалардан алыстаған кезінде тритийдің құрамының төмендеуі байқалған (2 км дейінгі арақашықтықта тритийдің шоғырлануы ауыз суға арналған рауалы деңгейге дейін төмендейді).

«Орталық» телімін атап өткен жөн. Аталған телімнің негізгі белгісі – ауыз суға арналған рауалы мөңдерден аспайтын, ^{137}Cs және ^{90}Sr ғана емес, сондай-ақ тритийдің де төмен шоғырлануының бар болуы. Бұл және де гидрогеологиялық ұңғымалар 5 «әскери» ұңғымадан тікелей жақын орналасқан. Деректерді талдау кезінде, тритийдің төмен мәніне қарамастан, оның ЖЯЖ орталық аймақтарынан ара қашықтығы ұлғайған сайын жерасты суларындағы құрамының азаюы да байқалады.

Сонымен, «Балапан» алаңында жерасты суларымен тритийдің жылыстау сипаты, негізінен, ЖЯЖ жүргізу телімдеріндегі геологиялық-гидрогеологиялық жағдайдан және аймақтық омырудың бар болуына байланысты. Тұтасымен алғанда, «Балапан» алаңында ядролық сынақтарды тоқтатудан кейінгі соңғы жылдарда жерасты суларының үлкен радиоактивті және ауқымды ластану байқалмайтынын атап өтуге болады.

2. Техногенді радионуклидтердің жерасты суларымен «Балапан» алаңынан тыс жылыстауы

Техногенді радионуклидтердің жерасты суларымен «Балапан» алаңы шекарасынан тыс омырулы бұзылулардың әсер етуші аймағы бойынша жылыстауын зерттеу нәтижелері бойынша келесі деректер алынды:

- радиоактивті ластанған жерасты суларының «Балапан» алаңынан жербеткі және саңылаулы суларға негізгі құйылуы салыстырмалы су өткізбеуші – неоген саздарының кірігу телімдерінде (эрозиялық «терезелерде») жүреді;
- «Балапан» алаңының шығыс шекарасының шектерінде радиоактивті ластанған жерасты суларының Шаған өзені жербеткі суларына құйылуының оқшау аймағы бекітілген. Құйылу аймағы құрылымдық жағынан Жанан жаншылу аймағына орайластырылған. Шаған өзеніндегі тритийдің шоғырлануы аталған телімде 700 кБк/кг (^{137}Cs және ^{90}Sr шоғырлануы МРБ аспайды) жетеді. Шаған өз. оң жағалауында бұрғыланған гидрогеологиялық ұңғымалардан іріктеп алынған сулардағы тритийдің шоғырлануы 140 кБк/кг жетеді. Сонымен, радиоактивті ластанған жерасты суларының Шаған өзеніне құйылуынан басқан құйылудың оқшау аймағы шектерінде «Балапан» алаңының шегінен тыс оңтүстік-шығыс бағытта жерасты суларымен тритийдің жылыстауы байқалды. Аталған дерек аса жан-жақты зерттеуді талап етеді, өйткені радиоактивті ластанған жерасты суларының ССП шекарасынан тыс болжамды таралуының бар екендігін көрсетеді;
- «Балапан» алаңының солтүстік-батыс шектерінде, Шыңырау омыруының әсер етуші аймағында тараған жерасты суларында тритийдің шоғырлануы 0,75 Бк/кг деңгейінде тұр (^{137}Cs және ^{90}Sr шоғырлануы МРБ аспайды);

- «Балапан» алаңының оңтүстік-батыс шектерінде, Қалба-Шыңғыс аймақтық омырудың әсер етуші аймағына орайластырылған жерасты суларында тритийдің шоғырлануы 0,05 Бк/кг деңгейінде тұр (^{137}Cs және ^{90}Sr шоғырлануы МРБ аспайды);

Сонымен, алынған деректер ЖЯЖ радиоактивті өнімдерінің «Балапан» алаңынан жерасты суларымен аймақтық омырулар бойынша жылыстауы туралы айтуға мүмкіндік береді. Радиоактивті ластанған жерасты сулары ореолының «Балапан» алаңының шектерінен тыс таралуының негізгі бағыттарын зерттеу қазіргі уақытта ССП аймағының бір бөлігін халық шаруашылығы айналымына беру мақсатында кешенді зерттеудің жүргізілуіне байланысты жалғастыру қажет.

Мақала авторлары ҚР ҰЯО ЯФИ қызметкерлеріне әдістемелерді әзірлеу және жерасты суларының радионуклидті құрамын зерттеу бойынша зертханалық зерттеулерді жүргізгені үшін; Радиациялық қауіпсіздік және экология институты қызметкерлері В.А. Ульяновге, В.А.Коровинге экспедициялық жұмыстарды орындағаны үшін, Ю.Ю.Яковенкоға, О.В.Кузевановаға, Н.А.Елизарьеваға, Е.А.Еременкоға, С.А.Барсуковаға, Е.А.Новиковаға тақырып бойынша деректерді өңдегені және жүйелендіргені үшін алғысын білдіреді.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. Бұрынғы Семей сынақ полигоны аумағындағы жерасты сулары ахуалының мониторинг жүйесін ұйымдастыру: ХҒТО К-893 жобасы бойынша жылдық есеп/ басш. Субботин С.Б., Пестов Е.Ю. - Курчатов, 2003 - 2007.
2. Бұрынғы Семей сынақ полигонының қауіпсіздігін қамтамасыз ету Республикалық бюджеттік бағдарламасы 011 «Радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету»: ҒЗЖ туралы есеп / ҚР ҰЯО РҚЭИ; Лукашенко С.Н. басшылығымен – Курчатов: ҚР ҰЯО РҚЭИ, 2005 -2010.
3. КСРО ҚМ 905 нысанының инженерлік-геологиялық жағдайлары: 1:200 000 масштабтағы инженерлік-геологиялық түсірудің нәтижелері туралы есеп / басш. Бардина И.Ю.; орындаған: Ветрова С.И. [және т.б.]. – 1976.
4. Қазақ КСР геологиялық картасы. Шығыс-Қазақстан сериясы. Масштаб 1:500000: түсініктеме хат. - Алматы, 1979.
5. Семей сынақ полигоны.Құрылуы, қызметі, конверсия /В.С. Школьниковтің басш. авторлар ұжымы. - А.: Қазақстан, 2003. -344б.
6. Ляхова О.Н. Тритий ядролық сынақтар жүргізілген орындардың индикаторы іспеттес/ Ляхова О.Н., Лукашенко С.Н., Ларионова Н.В., Субботин С.Б., Мульгин С.И., Жданов С.В. //Қазақстан радиоэкологиясының өзекті мәселелері [Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының 2011 жылдағы еңбектер жинағы] /Лукашенко С.Н.басш. –3-шығарылым. -2011.
7. Ауыз су мен геологиялық ортаның болжамды радиоактивті ластануының мүмкін зардаптарын болжау мақсатында Семей полигоны аумағында жерасты суларымен радионуклидтердің жылыстауын зерттеу: ХҒТО К -810 жобасы. - Мәскеу, 2002 - 2004.

8. Адушкин В.В. Ірі масштабты жерасты жарылыстары кезіндегі гидрогеология әсерлер (алдын ала қолд) / В.В. Адушкин, А.А. Спивак, Э.М. Горбунова, П.Б. Каазик, И.Н. Недбаев. - М.: ГА ФЗИ АН КСРО, 1990. – 40б.
9. Израэль Ю.А. Жерасты суларының жерасты ядролық жарылыстан кейінгі феноменологиясы / Ю.А. Израэль, Е.Д. Стукин Е. // Ядролық жарылыстар мен апаттар кезіндегі радиоактивтілік: халықаралық конф. еңбектері, Мәскеу 2000 ж. 24-26 сәуір - СПб.: Гидрометебаспа, 2000. - Т.1. –Б.616-623.
10. Горбунова Э.М. Жерасты ядролық жарылыстар кезіндегі жерасты сулары режимінің өзгеруі / Э.М. Горбунова, А.А. Спивак // Геоэкология. – 1997. - №6. –Б. 29-37.
11. Горбунова Э.М., Иванов А.И. Техногенді-бұзылған жағдайлардағы гидрогеологиялық параметрлердің өзгеруі // Қазақстан Республикасының ядролық энергетикасы: халықаралық конф., 2007 ж. 3-5 қыркүйек. –Құрчатов: ҚР ҰЯО, 2007. – Б.104.
12. Volkova E.V.Evaluation of fractured aquifer bottom position according to groundwater level observation data in the region of underground nuclear explosion execution / E.V.Volkova, E.M.Gorbunova, I.A.Rastorguev//International Conference "Finite-Elements Models, Modflow and More 2004. Solving Groundwater Problems". Carlsbad, 13-16 September 2004. - Carlov Vary, Czech Republic, 2004. - P.159-162.
13. Горбунова Э.М. Ірі масштабты тәжірибелер жүргізу кезіндегі жерасты сулары режимінің алдын ала тексеруінің талдауы / Э.М. Горбунова, И.С. Свинцов // Ядролық сынақтар мен олардың зардаптарының мониторингі. VI Халықаралық конференция. 2010 ж. 09-13 тамыз: баяндамалар тезистері. - Құрчатов, Қазақстан: ҚР ҰЯО, 2010. –Б.72-75.
14. Горбунова Э.М. Тау жыныстары массивтерінің жарылыс әсері кезіндегі деформациялану ерекшеліктері (Семей сынақ полигоны Заречье телімінің мысалында) // ҚР ҰЯО Жаршысы – 2-шығарылым. Құрчатов: ҚР ҰЯО, 2003. – Б.113-122.
15. Violet C.E. //MiningCongress. Journal. #3. – 1960. - P.79-83.
16. Johnson G.W. //MiningCongress. Journal. #11. – 1958. - P.78.
17. Johnson G.W.Underground Nuclear Detonations / G.W.Johnson, G.H.Higgins, C.E.Violet //GeophysicalResearch, 1959. -Vol.64, #10. - P.1457.
18. Қазақстан Республикасы Дегелең таулы массивіндегі 30 штольнялық порталдардағы радиологиялық зерттеу: қорытынды есеп / басш. Дубасов Ю.В. [және т.б.]. - СПб., 1996.
19. Радиациялық қауіпсіздік нормалары (РҚН-99): СП 2.6.1. 758-99; 01.01.2000 қолданысқа енгізілген-Алматы: ҚР Денсаулық сақтау істері жөніндегі агенттік, 1999. – 80б. – ISBN 9965-501-42-4.
20. Субботин С.Б. «Балапан» алаңындағы апаттық сипаттағы үрдістер ағысының мүмкіндігін бағалау/ Субботин С.Б., Лукашенко С.Н.// Қазақстан радиоэкологиясының өзекті мәселелері [Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының 2007 – 2009 жж. еңбектер жинағы] / Лукашенко С.Н. басшылығымен – 2-шығарылым – Павлодар: Баспа үйі, 2010. – Б. 401-448: ил.- Библиогр.: б.54. - ISBN 978-601-7112-32-5.

21. С.Б. «Қаражыра» көмір кенорны аумағының радиоэкологиялық жағдайы / С.Б. Субботин, С.Н. Лукашенко, А.О. Айдарханов, В.В. Романенко //Қазақстан радиоэкологиясының өзекті мәселелері [Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының 2011 жылдағы еңбектер жинағы] /Лукашенко С.Н. басп. –Зшығарылым. -2011.

***ВЫЯВЛЕНИЕ ПУТЕЙ МИГРАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ
РАДИОНУКЛИДОВ ЗА ПРЕДЕЛЫ
ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ "БАЛАПАН"***

¹Субботин С.Б., ¹Лукашенко С.Н., ¹Романенко В.В., ¹Каширский В.В.,
²Пестов Е.Ю., ²Бахтин Л.В., ³Горбунова Э.М., ⁴Кузеванов К.И.

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

²Институт геофизических исследований НЯЦ РК, Курчатов, Казахстан

³Институт динамики геосфер РАН, Москва, Россия

⁴Институт геологии и нефтегазового дела, Томск, Россия

В статье представлен обзор результатов исследований характера выноса техногенных радионуклидов с подземными водами с участков проведения ядерных испытаний на площадке "Балапан". На основе выполненных радиоэкологических работ оборудованы опорные наблюдательные скважины для долгосрочного мониторинга состояния подземных вод. Получены новые данные об уровнях радиоактивного загрязнения подземных вод как в пределах площадки «Балапан», так и за ее границами. Сделаны выводы о характере миграции техногенных радионуклидов с подземными водами на изученных направлениях.

Ключевые слова: подземные воды, ядерное испытание, миграция радионуклидов, цезий-137, стронций-90, тритий, плутоний, геологическое строение и гидрогеологические условия площадки "Балапан", региональные разломы, река Шаган, угольное месторождение Каражыра.

***REVELATION OF MIGRATION PATHWAYS OF ARTIFICIAL
RADIONUCLIDES BEYOND THE "BALAPAN" SITE***

S.B. Subbotin, S.N. Lukashenko, V.V. Romanenko, V.M.Kashirskiy, *
E. Yu. Pestov, **E.M. Gorbunova, *** K.I. Kuzevanov

** Institute of Geophysical Research NNC RK, Kurchatov, Kazakhstan*

*** Institute of Geosphere Dynamics of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

**** Institute of Geology and Oil and Gas, Tomsk, Russia*

The paper presents an overview of research results on the nature of carry-over of artificial radionuclides with groundwater from the site of nuclear testing at "Balapan" site. Based on radioecological work performed, there were equipped an observation hole for long-term monitoring of groundwater

status. There were obtained new data on the levels of radioactive contamination of groundwater both within "Balapan" and beyond. Conclusions were made about the nature of the migration of artificial radionuclides with groundwater in the studied areas.

Keywords: groundwater, nuclear test, migration of radionuclides, cesium-137, strontium-90, tritium, plutonium, geological structure and hydrogeological conditions "Balapan" site, regional faults, Shagan River, Karazhyra coal mine.

УДК 546.11.02.3:577.4:504.064:539.16

ДЕГЕЛЕҢ ТАУЛЫ МАССИВІНІҢ ҚАР ЖАМЫЛҒЫСЫНДАҒЫ ТРИТИЙДІҢ ҚҰРАМЫН ЗЕРТТЕУ

Турченко Д.В., Лукашенко С.Н., Айдарханов А.О., Ляхова О.Н.

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

Мақалада «Дегелең» таулы массивіндегі тритиймен ластанған ағын сулары арнасында жатқан қар жамылғысының қабатындағы тритийдің құрамын зерттеу нәтижелері келтірілген. Зерттеу нысандары ретінде «Дегелең» тәжірибелік-сынақ алаңынан тыс жерге ағып жатқан, Қарабұлақ, Ұзынбұлақ және Ақтыбай бұлақтарының ағын сулары таңдап алынды. Бұл жұмыста ағын суларының арналарына қатысты тритийдің кеңістікте таралуы зерттелді және қар жамылғысының ластану шекаралары анықталды. Бұлақтың ағын суларының ортасында, жербеті қабатының мәні 40 кБк/кг-ға жететін қар жамылғысының ластануы байқалды. Ағын судың арнасымен байланыспайтын телімдердегі тритийдің аялық мәні анықталды, ол 40-тан 50 Бк/кг-ға дейінгі мәнді құрайды. Түрлі маусымдық кезеңдегі қар жамылғысына жасалған зерттеулердің нәтижелеріне салыстырмалы талдама өткізілді. Қар жамылғысына тритийдің өтуінің негізгі механизмдері қарастырылды және анықталды. Бұлақтардағы тритийдің өтуінің негізгі механизмі ретінде мұздың немесе топырақтың беткі қабатындағы тритийдің эманациясы болып табылады.

Түйін сөздер: жерасты сулары, тритий, қар жамылғысы, Ұзынбұлақ, Қарабұлақ, Ақтыбай, ССП, радионуклидтердің жылыстауы, қар жамылғысының беткі қабаты, қар жамылғысының жербеті қабаты, топырақтан тритийдің эманациясы.

КІРІСПЕ

Қазіргі уақытта «Дегелең» тәжірибелік-эксперименталды алаңның аумағында сияқты одан тыс та жерлерде қоршаған ортаға техногенді радионуклидтердің жылыстауын зерттеуге арналған көптеген жұмыстар жүргізілді. Аталған экожүйеде бар ^{137}Cs , ^{90}Sr , $^{239+240}\text{Pu}$, ^3H (тритий) сияқты аса қауіпті техногенді радионуклидтер арасында тритийдің аса көп жылыстау қасиеттері бар. Жұмыстарда [1, 2] жербеткі және топырақ суларда, сондай-ақ экожүйенің құрауыштарында (жануарлар, өсімдіктерде, атмосфералық ауада) жоғары шоғырлану байқалды. «Дегелең» алаңы бұлақтарының жербеткі суларындағы тритийдің құрамы ондағаннан жүздеген Бк/кг дейін жетеді, кейбір бұлақтардың сулы арнасының ұзындығы он шақырымнан асады және «Дегелең» массивінен тыс шығады.

Экожүйе құрауыштарының тритийдің құрамына жүргізілген салыстырмалы талдауы экожүйенің негізгі ластануының Дегелең массиві аумағында орналасқан сулы бұлақтардан болатынын көрсетті. Ластанған телімдердің қар жамылғысындағы тритийдің құрамы туралы ақпарат жоқ.

Қар жиналудың әр түрлі климаттық кезеңдерінде тритийдің қар жамылғысына түсуі өтудің негізгі 2 механизмі бойынша жүреді:

- қар бөлшектерінің желмен ауысуы немесе су буларының жауын-шашын жауған кезеңде қар бөлшектерінде булануы нәтижесінде тритийдің атмосферадан түсуі;
- тритийдің топырақ немесе мұз жамылғысынан эманациясы.

Аталған жұмыс алмасу механизмдерінің тритийдің қар жамылғысындағы кеңістіктік таралуына әсерін зерттеуге, сондай-ақ «Дегелең» алаңында тритийдің аялық шоғырлануын бағалауға арналған.

1. ЗЕРТТЕУДІҢ НЫСАНДАРЫ МЕН ӘДІСТЕРІ

Қар жамылғысын зерттеу жылдың көктемгі-қысқы кезеңінде жүргізілді. Зерттеліп жатқан телімдерді таңдау экожүйенің құрауыштарын (атмосфералық ауа, өсімдік, атмосфералық және топырақ ауасының су булары) зерттеу нәтижелеріне негізделген. Зерттеу нысандары ретінде су ағындары Дегелең таулы массивінің шекарасынан тыс шығатын Қарабұлақ, Ұзынбұлақ және Ақтыбай бұлақтары тандап алынды (1-сурет). 1-суретте бұлақтар арнасындағы зерттеу бейіндерінің орналасу сұлбасы берілген.

Қар жамылғысын зерттеу 4 негізгі кезеңдерден тұрды:

- жергілікті жерді алдын ала тексеру, зерттелетін телімдерді таңдау;
- бұлақтар арнасының ортасындағы қар жамылғысы бойынша тритийдің таралуын зерттеу;
- су ағыны арнасына қатысты тритийдің кеңістіктік таралуын зерттеу;
- қар жамылғысындағы тритий құрамының динамикасын зерттеу.

Тритийдің кеңістіктік таралуын бағалау үшін бұлақтарда су ағынының негізгі арнасына перпендикуляр зерттеу бейіндерін орнату жүргізілді. Зерттеу бейіндерінің нүктелері бұлақтың арнасынан оң және сол жағында орналасты. Бейіннің ортасы сулы арнаның ортасында орналасты, зерттеу нүктелері арасындағы ара қашықтық 50 м құрады, қар жамылғысы сынамаларын іріктеп алу тереңдігі 0–10, 10–20 және 20–30 см құрады.

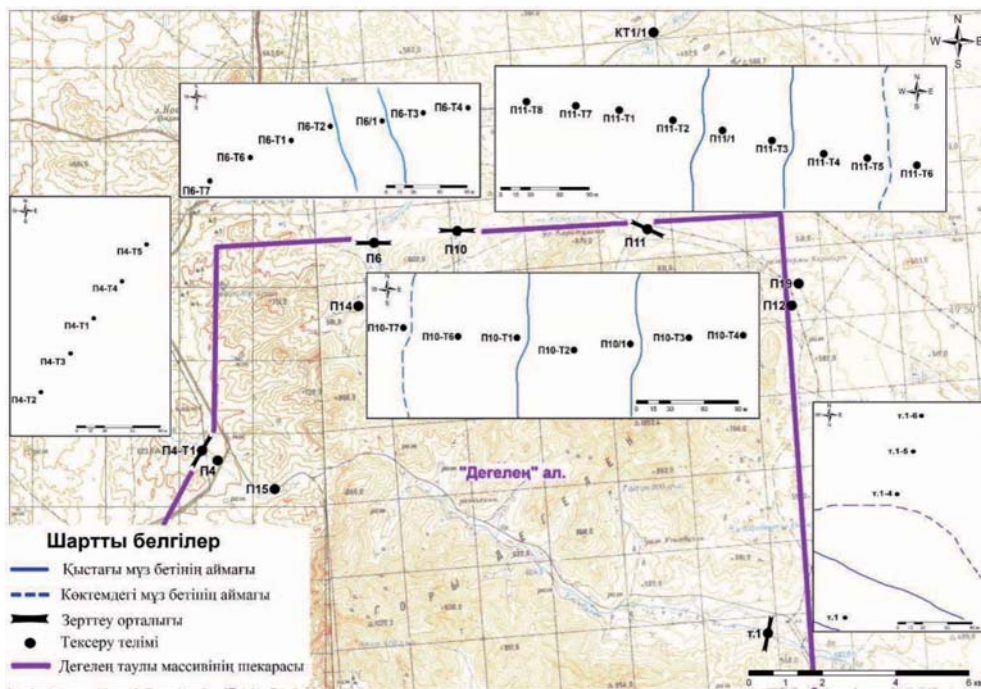
Қар жамылғысындағы тритий құрамының динамикасын зерттеу әр түрлі климаттық кезеңдерде сол зерттеу телімдерінде қарды кезеңдермен зерттеуде болды.

Қар жамылғысының қалыңдығын өлшеу өлшегіш сызғыш арқылы жүргізілді.

Тритийдің құрамын анықтау үшін қар сынамалары полиэтилен пакетке салынып, сұйық түріне дейін ерітілді. Алынған үлгілер көлемі 20 мл пластик түтікшелерге салынды. Механикалық қоспаларды алып тастау үшін қар жамылғысы үлгілерін «Көк лента» сүзгіштерінің көмегімен сүзу жүргізілді. Алынған сүзілген үлгі көлемі 20 мл пластик ыдысқа салынып, тиісінше 3:12 пропорциясында сцинтилляциялық коктейль қосылды.

Қар сынамаларындағы тритийдің тиесілі белсенділігін анықтау үшін стандартты әдістеме бойынша сұйықсцинтилляционды спектрометр TriCarb 2900 TR пайдаланылды [3].

Тритийдің ластануына байланысты емес шартты таза телімдерде тритийдің аялық шоғырлануын бағалау жүргізілді. Бұл үшін Курчатov қ. және Дегелең таулы массивінің периметрінен тыс П12, П14, П15, П19 нн. телімдер тандап алынды (1-сурет).



1-Сурет. Зерттеу телімдерінің орналасу сұлбасы

2. НӘТИЖЕЛЕР

Зерттеу нысандарын көзбен шолу арқылы бағалау сулы арнаның беті қыс кезінде қалыңдығы 5-тен 15 см-ге дейін мұз жамылғысымен жабылатынын көрсетті. Әдеттегідей, мұз бетіндегі қар жамылғысы яки жоқ, яки мұз жамылғысының бетінен 3–5 см аспайды. Су ағынының арнасынан тыс қар жамылғысының тереңдігі негізінен 20÷30 см асқан жоқ.

2.1. Бұлақтарда тритийдің кеңістіктік таралуын зерттеу нәтижелері

2.1.1. Қарабұлақ бұлағы

Қарабұлақ бұлағының арнасы Дегелең таулы массивінен тыс ағатын 3 сулы ағындардан тұрады. Қарабұлақ бұлағының әр сағасында П6, П10 және П11 нүктелерінде зерттеу бейіні салынған.

2-суретте бұлақтар арнасының ортасына қатысты қар жамылғысындағы тритийдің кеңістіктік таралу сипаты берілген. 2-суретте әр гистограмманың төменгі бөлігінде көк сызықпен зерттеу теліміндегі мұз жамылғысы бетінің шекарасы көрсетілген.



а – Қарабұлақ бұлағы, бейін П6



б – Қарабұлақ бұлағы, бейін П10



в – Қарабұлақ бұлағы, бейін П11



г – Қарабұлақ бұлағы, ағындардың қиылысу орны

2-Сурет. Қарабұлақ бұлағы ағысының қар жамылғысындағы тритийдің кеңістіктік таралуы

II-6 нүктесіндегі бейін (2-сурет, а). Бұлақ су ағынының көрінетін ені 5 м асқан жоқ. Мұз жамылғысының ені арна ортасынан 100 м жетті. Тритийдің жербеткі қабатына шоғырлануы (0–10 см) <13-тен 20 Бк/кг дейінгі диапазонда тұр. Тритийдің қар жамылғысы жерүсті қабатындағы құрамы (10–30 см) 90-нан 280 Бк/кг дейін құрады.

II-10 нүктесіндегі бейін (2-сурет, б). Су ағыны мұз жамылғысының ені арна ортасынан 150 м жететін арнаның сол жағы бойынша орналасты. Қар жамылғысының жербеткі қабатында тритийдің максималды шоғырлануы қамыс арасында 13 кБк/кг жетті, бұл кезде тритийдің орташа шоғырлануы 200 Бк/кг асқан жоқ. Бейіннің бұлақтың су ағынымен байланысты емес шеткі нүктелерінде қар жамылғысының барлық қататтарында тритийдің құрамы 13 Бк/кг асқан жоқ.

II-11 нүктесіндегі бейін (2-сурет, в). Бұлақтағы мұз жамылғысының ені арна ортасынан 100 м жетті. Арнаның ортасында және оң бөлігінде жербеткі және жерүсті қабатындағы тритийдің максималды шоғырлануы байқалды, мәндер диапазоны тиісінше 0,75-тен 2,5 кБк/кг дейін және 0,1-ден 7,5 кБк/кг дейін құрады.

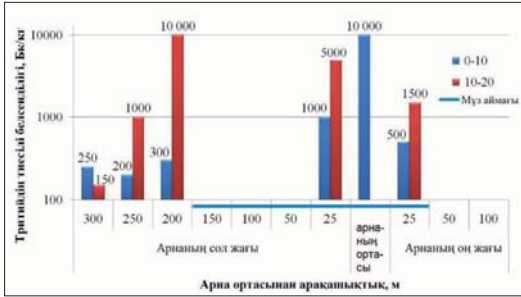
Қарабұлақ ағындарының қосылу орнындағы бейін (2-сурет, г). Қар жамылғысының жербеткі және жерүсті қабатындағы тритийдің құрамы 14 Бк/кг байқалды. Қар жамылғысының жерүсті қабатындағы тритийдің максималды шоғырлануы арнаның су ағынының ортасында 100 Бк/кг құрады.

2.1.2. Ұзынбұлақ бұлағы

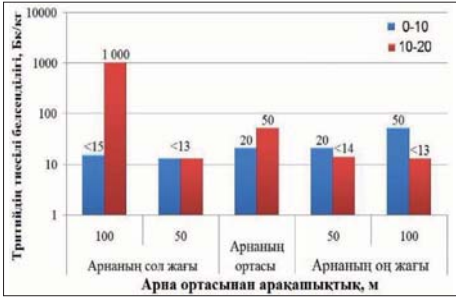
Қысқы кезеңде Ұзынбұлақ бұлағының сулы арнасы 3-тен 10 см дейінгі қалыңдықта мұз жамылғысымен жабылады. Мұз жамылғысының ені 50 м аспайды.

Көктемде, су тасу кезеңінде мұз жамылғысының беті арнаның сол жағына арна ортасынан 200 м қашықтықта ұлғайды.

3,а – суретінде Ұзынбұлақ бұлағы арнасына қатысты тритийдің кеңістіктік таралу нәтижелері берілген.



а – Ұзынбұлақ бұлағы, 1 н. бейні



б – Ақтыбай бұлағы, П4 н. 500 м-дегі бейні

3-сурет. Ұзынбұлақ және Ақтыбай б. қар жамылғысындағы тритийдің кеңістіктік таралуы

Тритийдің максималды шоғырлануы 10 кБк/кг арна ортасында (мұз бетінде) және мұз жамылғысынан тыс қар жамылғысының жерүсті қабатында табылды.

2.1.3. Ақтыбай бұлағы

П4 нүктесінде көрінетіндей супайдалану байқалған жоқ. Зерттеу бейіні 500 м арақашықтықта арна бойынша төмен орналасқан. 3, б-суретте Ақтыбай бұлағы арнасына қатысты тритийдің кеңістіктік таралу нәтижелері берілген.

1 кБк/кг тең тритийдің максималды шоғырлануы қар жамылғысының жерүсті қабатында байқалды, қар жамылғысының жербеткі қабатындағы тритийдің құрамы <13-тен 50 Бк/кг дейін құрады.

Сонымен, зерттеу нәтижелері Қарабұлақ, Ұзынбұлақ және Ақтыбай сулы бұлақтарында қар жамылғысының құрамында тритийдің көптеген шоғырлануы болуы мүмкіндігін, қабаттар арасындағы тритийдің құрамы біртекті емес, аталған радионуклидтің шоғырлануы жерүсті қабатында көптеген жағдайларда беткі қабатқа қарағанда үлкен екенін көрсетті.

Тритийдің қар жамылғысының тереңдігі бойынша таралуын бағалау үшін тритийдің жерүсті қабатындағы шоғырлануының қар жамылғысының беткі қабатындағы тритийдің шоғырлануына қатысы есептелді. Есептеулер кезінде, тритий шоғырлануының мәндер көлемінің жоқ жағдайында, сандық мән ретінде минималды детектрлендірілген белсенділіктің мәні алынды. Қар жамылғысының жерүсті және беткі қабатындағы тритийдің құрамы бойынша нәтижелер талдауы тритий шоғырлануының қатынасы осы қатынастың 11-ге тең орта мәні кезінде 0,70-тен 66-ға дейінгі диапазонда жатқандығын көрсетті. Тритийдің шоғырлануының алынған орташа қатынасы, егер қар жамылғысының басқа қабатында тритийдің шоғырлануы белгілі болса, тритийдің құрамын болжамды бағалау үшін пайдаланылуы мүмкін. Перпендикуляр бағытта арна ортасынан алыстаған сайын тритийдің шоғырлануы қар жамылғысының беткі және жерүсті қабатында 300 м дейінгі арақашықтықта аялық деңгейге жетеді.

Жүргізілген зерттеулер нәтижелері бойынша қар жамылғысындағы тритийдің максималды шоғырлануы топырақтың жерүсті қабатында мұз жамылғысы бар аймақтармен қиылысатыны анықталды. Алайда кейбір жағдайларда жабылатын бетте мұз болмаған жағдай кезінде қар жамылғысында тритийдің үлкен шоғырлануы табылды. Тритийдің қар жамылғысына түсуінің аз дегенде 2 механизмі бар деген болжам айтуға болады:

- тритийдің мұз-қар жамылғысы жүйесінде қайта таралуы (мұз жамылғысының құрамында бар тритийдің кейбір бөлшегі буланады және қар жамылғысына өтеді);
- қар жамылғысы бөлшектеріндегі тритийленген су буларының соңынан конденсациялануы бар топырақтан тритийдің эманациясы.

2.2. Аялық телімдердегі қар жамылғысын зерттеу

1-кестеде аялық телімдерде іріктеп алынған қар жамылғысының үлгілерінде тритий құрамының нәтижелері берілген.

1-Кесте.

**Курчатов қ. мен Дегелең массивінің аялық телімдерінің
қар жамылғысындағы тритийдің құрамы**

Қабат, см	Тритийдің тиесілі белсенділігі, Бк/кг							
	Курчатов қ. шеттері				Дегелең массивінің периметрі			
	Солтүстік	Шығыс	Оңтүстік	Батыс	П-12	П-14	П-15	П-19
0–10	<13	<13	<13	<14	55±7	35±7	<14	35±7
10–20	<15	-	<13	-	50±7	<14	20±7	-
20–30	-	-	-	-	45±7	-	-	25±7

Дегелең таулы массивінің зерттеу телімдерінде П-12, П-14, П-15 және П-19 нүктелерінде қар жамылғысының беткі және жерүсті қабатында тритийдің шоғырлануы көп емес және 55 Бк/кг аспайды. Қар жамылғысы қабатындағы тритийдің таралу сипаты аялық нүктелерде су ағындар арнасында тритийдің таралу сипатынан принципті түрде ерекшеленеді. Айырмашылық-қар жамылғысының барлық қабаттарындағы тритийдің шоғырлануы шамамен бірдейлігінде. Қар жамылғысы қабаттарындағы тритий таралуының мұндай сипатын қар тоқтату кезеңінде атмосфералық ауа құрамындағы тритийленген судың булары қар бөлшектерінде конденсацияланатынымен және қар жамылғысының барлық қалыңдығында тегіс тарайтындығымен түсіндіруге болады.

Курчатов қ. шетіндегі қар жамылғысында тритий табылған жоқ, бұл кезде табылу шегі 14 Бк/кг құраған болатын. Сонымен, Дегелең таулы массивінің ауа ортасының құрамында бар тритий Курчатов қ. жетпейді, бұл ауа ортасында тритийдің араласып кетуіне байланысты болуы мүмкін.

2.3. Қар жамылғысындағы тритий құрамының динамикасын зерттеу

2-кестеде әр уақытта, бірдей зерттеу нүктелерінде қар жамылғысындағы тритийдің құрамын зерттеу нәтижелері берілген.

2-Кесте.

Қар жамылғысындағы тритий құрамының динамикасы, зерттеу телімдерінің арна суларындағы тритийдің құрамы

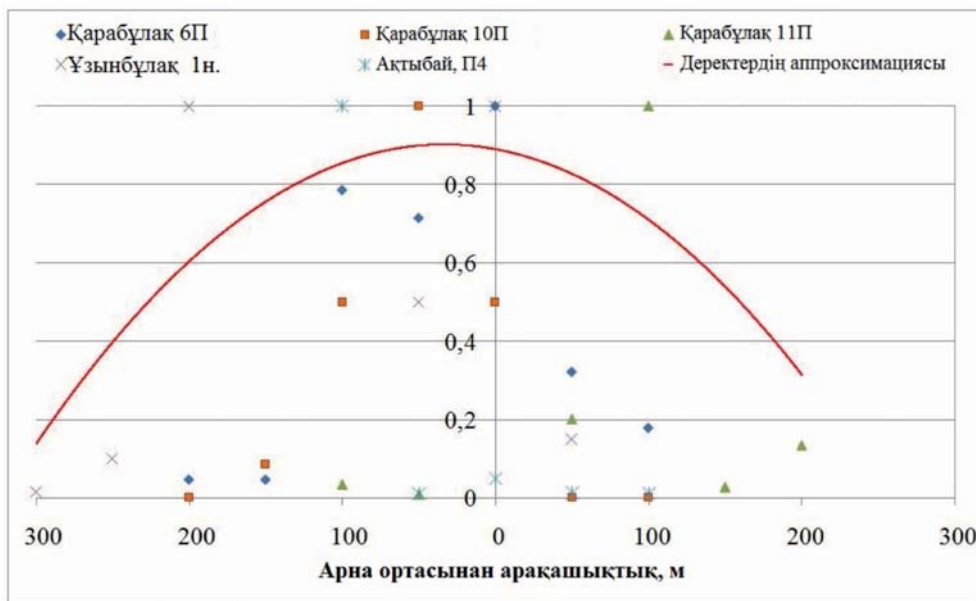
Зерттеу орны	Қабат, см	Қар жамылғысы, Бк/кг			Арна суы, Бк/кг
		қараша 2010	қаңтар 2011	ақпан 2011	
Қарабұлақ, Пб	0-10	-	200±20	14±7	11 000±1000
	10-20	-	3500±300	280±200	
Қарабұлақ, П10	0-10	<8	2500±200	200±20	66 000±6000
	10-20	200±20	40 000±4000	-	
Қарабұлақ, П11	0-10	1000±100	4000±400	750±70	44 000±4000
	10-20	4000±400	30 000±3000	-	

Қар жамылғысының жерүсті қабатындағы тритийдің максималды құрамы тритийдің арна суындағы шоғырлану мәндерінен аспайтынын атап өту қажет. Сулы бұлақтардағы тритийдің қар жамылғысына өтуі пайыздық қатынаста арна суындағы тритий шоғырлануының 30÷70 % көлемінен аспайды.

Әр уақытта қар жамылғысындағы тритийдің құрамын зерттеу нәтижелерінің жүргізілген салыстырмалы талдауы қар тоқтату кезінде ең басында тритийдің үлкен шоғырлануының жоқ екендігін көрсетті. Қар жамылғысының жерүсті қабатындағы тритийдің құрамы уақыт өте келе өзгереді. Қар жауған кезде қар жамылғысының жерүсті қабатындағы тритийдің шоғырлануы аялық шоғырланудан аспайды, қар жауған соң тритийдің шоғырлануы тритийдің мұз немесе топырақ жамылғысынан эманациясы есебінен ұлғаяды. Алынған нәтижелер қар жамылғысының тритиймен салыстырмалы ластануының механизмдеріне қатысты бұрын жасалған болжамды, анығында тритийдің қар жамылғысына топырақ немесе мұз жамылғысынан түсуін растайды.

3. НӘТИЖЕЛЕРДІ ТАЛҚЫЛАУ

4-суретте барлық зерттеу бұлақтарына қатысты тритийдің кеңістіктік таралуы берілген. Әр жағдай (бұлақ) үшін тритийдің шоғырлануы максималды мәнге нормаланған. Аппроксимацияның қисық сызығы 4-суретте су ағындарына қатысты тритиймен ластанудың таралу сипатын көрсетеді.



4-Сурет. Зерттеу бұлақтарына қатысты тритийдің шоғырлануының максималды мәніне нормаланған тритийдің кеңістіктік таралуы

Тритийдің 10÷40 кБк/кг жететін аса үлкен шоғырлануы, орташа алғанда, арна ортасынан 100÷200 м аз арақашықтықта орналасады және бұлақтың су ағыны арнасымен шектеледі. Арна ортасынан перпендикуляр бағытта алыстаған сайын қар жамылғысындағы тритийдің шоғырлануы аялық деңгейге дейін төмендейді.

Бұлақтардағы қар жамылғысының беткі және жерүсті қабаттарындағы талдау нәтижелеріне салыстыру жүргізе отырып, анықталғаны, барлық жағдайда тритийдің максималды құрамы қар жамылғысының жерүсті қабатында артық және 40 кБк/кг мәндерге жетуі мүмкін. Аталған дерек тритиймен негізгі ластану бұлақтың су ағынынан болатындығын көрсетеді, бұл кезде тритийдің қар жамылғысына өтуі салынатын бетке, нақтырақ тритийдің топырақ немесе мұз жамылғысынан эманациясына байланысты.

Дегелең таулы массивінің аялық телімдерін зерттеу қар жамылғысы қабатында тритийдің тегіс таралатынын растады. Қар жамылғысының беткі қабатындағы тритийдің құрамы 55 Бк/кг жетеді, ол кезде осы телімде жерүсті қабатта – 45 Бк/кг. Тритий таралуының осындай сипаты қар бөлшектеріне су буларының түсуі мен конденсациялану нәтижесінде тритийдің атмосферадан түсу механизміне байланысты. Дегелең таулы массивінің аумағында ауа ортасында микроаймақтық бассейн пайда болды, оның экожүйесінің құрамында, 60 Бк/кг аспайтын шоғырлануда үнемі тритий бар.

Сонымен, тритийдің қар жамылғысына түсу механизмдері анықталды, бұлақтар арнасына қатысты қар жамылғысында тритийдің таралу сипаты зерттелді, тритийдің аялық деңгейінің шоғырлануы анықталды, алайда, тритий шоғырлануының уақытта өзгеру динамикасына және су, мұз және қар жамылғысы жүйесінде таралуына қатысты сұрақтар ашық қалады.

ҚОРЫТЫНДЫ

Жүргізілген зерттеулердің нәтижелері бойынша Дегелең таулы массивінде орналасқан қар жамылғысында қар жамылғысының жерүсті, сол сияқты жербеткі қабатында да тритийдің үлкен шоғырлануы бар екендігі анықталды. Қар жамылғысындағы тритийдің аса үлкен шоғырлануы, орташа алғанда, арна ортасынан 100÷200 м арақашықтықта орналасады және арна суындағы тритий шоғырланулармен салыстырғандағы мәндерге жете отырып, бұлақтың су ағыны арнасымен шектеледі. Арна ортасынан алыстай отырып, қар жамылғысындағы тритийдің құрамы аялық мәндерге дейін азаяды.

Алынған кешенді деректер «Дегелең» таулы массивінде қар жамылғысына тритий түсуінің 2 негізгі механизмі бар екендігін көрсетті:

- қар жауған кезеңде қар бөлшектерінде тритийленген су буларының конденсациялануы, бұл кезде қар жамылғысының қабаттарында тритийдің құрамы 60 Бк/кг жетеді;
- тритийдің топырақ немесе мұз жамылғысының салынатын бетінен эманациясына байланысты, тритийдің қар жамылғысының жерүсті қабатынан беткі қабатына қайта таралуы.

Курчатов қ. шетіндегі қар жамылғысында тритий табылған жоқ, бұл кезде табылу шегі 14 Бк/кг құраған болатын. Сонымен, Дегелең таулы массивінің ауа ортасының құрамында бар тритий Курчатов қ. жетпейді, бұл ауа ортасында тритийдің араласып кетуіне байланысты болуы мүмкін.

Мақала авторлары Радиациялық қауіпсіздік және экология институты қызметкерлері В.А.Ульянкинге, В.А.Коровинге экспедициялық жұмыстарды орындағаны үшін, Н.А.Елизарьеваға картографиялық материалды құрғаны үшін, С.В.Геноваға және ҚОМЖӘБ жалпы химия тобына қар үлгілерінің сынамаларын дайындағаны үшін алғысын білдіреді.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. Субботин С.Б. Дегелең таулы массивінен тыс жерлерге жасанды радионуклидтердің жерасты жылыстауы / С.Б. Субботин, С.Н. Лукашенко, В.М. Каширский, Ю.Ю. Яковенко, Л.В. Бахтин // Қазақстан радиоэкологиясының өзекті мәселелері [Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының 2007 – 2009 жж. еңбектер жинағы] / Лукашенко С.Н. басшылығымен – 2- шығарылым – Павлодар: Баспа үйі, 2010. – 527 б.: суреттер- Библиогр.: 518 б. - ISBN 978-601-7112-32-5.
2. Ляхова О.Н. «Дегелең сынақ алаңы аумағындағы қоршаған орта нысандарындағы тритий құрамын зерттеу» / О.Н.Ляхова, С.Н.Лукашенко, М.А.Умаров, А.О.Айдарханов / ҚР ҰЯО Жаршысы. – 2007. – 4 шығарылым. – Б. 80 – 86.
3. Судың сапасы – аталған шоғырлану – сцинтилляциондық есептеудің сұйықтық әдісіне сәйкес тритийдің белсенділігін анықтау: ISO 9698-1989 /Е/.

ИЗУЧЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРИТИЯ В СНЕЖНОМ ПОКРОВЕ ГОРНОГО МАССИВА ДЕГЕЛЕН

Турченко Д.В., Лукашенко С.Н., Айдарханов А.О., Ляхова О.Н.

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

В статье представлены результаты исследования содержания трития в слоях снежного покрова, расположенного на загрязненных тритием руслах водотоков массива «Дегелен». Объектами исследования были выбраны водотоки ручьев Карабулак, Узынбулак и Актыбай, выходящие за пределы опытно-экспериментальной площадки «Дегелен». В работе изучено пространственное распределение трития относительно русла водотоков, определены границы загрязнения снежного покрова. В центре водотока ручьев прослеживается загрязнение снежного покрова, достигающее в приземном слое значений 40 кБк/кг. Определены значения фоновых уровней трития на участках, не связанных с руслом водотока, которые составляют от 40 до 50 Бк/кг. Проведен сравнительный анализ полученных результатов снежного покрова в различные сезонные периоды. Рассмотрены и определены основные механизмы перехода трития в снежный покров. Наиболее значимым механизмом перехода трития на ручьях является эманация трития с поверхности льда или почвы.

Ключевые слова: подземные воды, тритий, снежный покров, Узынбулак, Карабулак, Актыбай, СИП, миграция радионуклидов, поверхностный слой снежного покрова, приземный слой снежного покрова, эманация трития из почвы.

STUDY OF TRITIUM CONTENT IN SNOWPACK OF DEGELEN MOUNTAIN MASSIF

D.V. Turchenko, S.N. Lukashenko, A.O. Aidarkhanov, O.N. Lyakhova

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

The paper presents the results of a study of tritium content in the layers of snow, which is located in stream beds of "Degelen" massif that are contaminated with tritium. The objects of investigation were creek watercourses Karabulak, Uzynbulak, Aktybai that is beyond the "Degelen" site. We studied the spatial distribution of tritium relative to the bed of watercourses, defined the borders of snow cover contamination. In the center of creek watercourses there is a snow contamination reaching 40 kBq/kg at the surface layer. The values of background levels of tritium in areas not related to the streambed were calculated, which range from 40 to 50 Bq/kg. There was made a comparative analysis of the results of snow cover in different seasonal periods. There were also examined and identified the main mechanisms for transfer of tritium in the snow. The most important mechanism for transfer of tritium in the streams is the emanation of tritium from the surface of ice or soil.

Keywords: groundwater, tritium, snow cover, Uzynbulak, Karabulak, Aktybai, STS, migration of radionuclides, surface layer of snow, the near-the-ground layer of snow, an emanation of tritium from the soil.

УДК 591.146:577.391:577.4:539.16

**САРЖАЛ АУЫЛЫНДАҒЫ ӨНДІРІСТІК ТЕЛІМДЕ ӨНДІРІЛЕТІН
ҚЫМЫЗДЫҢ САПАСЫ ЖАЙЛЫ МӘСЕЛЕГЕ****Паницкий А.В., Лукашенко С.Н., Битенова М.М.*****ҚР ҰЯО Радиациялық қауіпсіздік және экология институты,
Қазақстан, Курчатова қ.***

Аталған жұмыста Саржал а. орналасқан қымыз өндіру цехында өндірілетін қымыздың құрамындағы, сонымен қатар «Дегелең», «Балапан», «Телкем» алаңдарындағы – радиациялық-қауіпті нысандарға тікелей жақын орналасқан жайылым телімдерінде, ССП оңтүстік-шығыс бөлігінде орналасқан фермерлік шаруашылықтарда өндірілетін қымыздың құрамынан ^3H радионуклидінің құрамын анықтаудағы зерттеу нәтижелері келтірілген.

Түйін сөздер: тритий (^3H), радиоактивті ластану, ауылшаруашылық өнімі, қымыз, Семей сынақ полигоны (ССП).

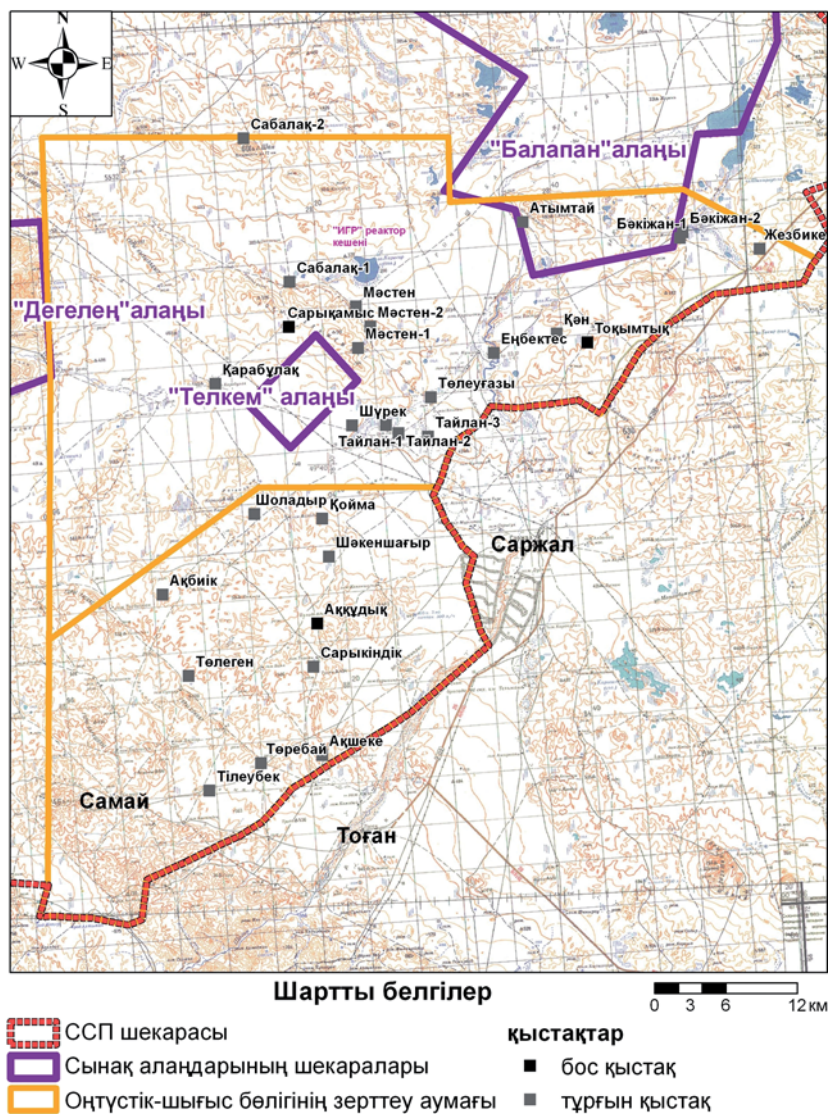
КІРІСПЕ

ССП аумағының оңтүстік-шығыс бөлігіне іргелес аумақта тұрғындарының саны 2000-нан асатын Саржал елді-мекені орналасқан. Саржал а. негізгі қызмет түрі мал шаруашылығы болып табылады. Оның ішінде, Саржал а. аумағында зерттеліп жатқан аумақтағы ауыл шаруашылығы өнімінің негізгі түрлерінің бірі болып табылатын қазақтың дәстүрлі сусыны – қымыз өндірісі бойынша цех орналасқан. Қымыз өндірісінің көлемі 2010 жылы жазғы кезеңде және күздің басында күніне 900 л көп мөлшерді құрайды. Жақын жатқан аудандардың және Семей, Өскемен, Алматы, Қарағанды қалаларының елді-мекендері қымызды өткізу нарығы болып табылады.

Қымызды бие сүтін қайта өңдеу арқылы дайындайды, сондықтан қымызды өндіру бойынша цех шаруашылығының көбі ССП аумағында орналасқан аймақ фермерлерінен бие сүтін сатып алады (1-сурет).

Бұл фермерлік шаруашылықтың малдары штольняларда жерасты сынақтары жүргізілген «Дегелең» сынақ алаңының маңайында жайылады. Сондай-ақ «Дегелең» алаңына іргелес аумақта малдарды қыс кезеңінде азықтандыру үшін шөп дайындау жүргізіледі.

Бұрын жүргізілген [1] зерттеулермен анықталғаны, негізгі ұзақ мерзімде өмір сүретін техногенді радионуклидтер «Дегелең» сынақ алаңының шектеріндегі топырақта шоғырланады және оның шекарасынан тыс шықпайды. Алайда, сондай-ақ анықталғаны [1], радиациялық ахуалға ұзақ уақытта болашақта «Дегелең» алаңынан тыс топырақасты сулармен үлкен қашықтыққа таралатын ^3H радионуклиді әсер етеді және әсер ететін болады. Осыған байланысты, Саржал а., сол сияқты ССП оңтүстік-шығыс бөлігінің аумағында орналасқан шаруашылықтарда өндірілетін қымызда ^3H болжамды құрамын зерттеу жүргізілді.



1-Сурет. Зерттеліп жатқан аумақтағы қыстақтар

1. ТӘЖІРИБЕЛІК БӨЛІМІ

^3H радионуклидінің бие сүтіне түсуі малдарды «Дегелең» алаңына іргелес аумақта жаю, сондай-ақ қорада осы аумақта дайындалған шөппен азықтандыру кезінде жүзеге асуы мүмкін. Сондықтан ^3H радионуклидінің бие сүтіндегі құрамын бағалау зерттеліп жатқан аумақта жайылымдық азықтандыру кезеңінде де, сол сияқты зерттеліп жатқан аумақта дайындалған шөппен азықтандыру кезеңінде жүргізілді. Сына-

малар ССП орналасқан қыстақтардан іріктеп алынды. Жекелеген жағдайларда сына-малар ай сайын 3, 4 рет қайталанып іріктеп алынды. Қымызды іріктеп алу сондай-ақ Саржал ауылындағы қымыз өндіретін цехтан көлемі 60 л, қымыз дайын қалпына келтірілетін жалпы ағаш ыдыстан жүргізілді. Жалпы алғанда қымыздың 52 сынамасы іріктеп алынды.

1.1. Үлгілерді дайындау және талдау

^3H анықтауға арналған үлгі 100°C температурада қымызды дистилдеу әдісімен алынды. 10 мл мөлшеріндегі алғашқы алынған конденсат төгілді, ал талдауға қымыздың келесі 5–6 мл еркін суы іріктеп алынды. Тритийдің белсенділігі еркін суда TRI CARB 2900 TR-бета-спектрометрінде, ISO 9698 халықаралық стандарт бойынша сұйық сцинтилляционды әдіспен анықталды [2]. Өлшеулердің аналитикалық қатесі 30 % аз құрады. Сонымен, төменде органикалық-байланысқан тритийді есепке алмағандағы нәтижелер келтірілген.

2. ЗЕРТТЕУЛЕР НӘТИЖЕЛЕРІ

Алынған нәтижелер зерттеліп жатқан аумақта мал жаю кезінде алынған қымызда ^3H радионуклидінің бар болуы көп жағдайда тіркелмегендігін көрсетті. Аппаратураның төменгі өлшеу шектеріне жақын бірнеше мәндер анықталды (1-кесте).

1-Кесте.

ССП оңтүстік-шығыс бөлігіндегі фермерлік шаруашылықта өндірілетін бие сүтінде (қымызда) ^3H құрамын анықтаудың нәтижелері

Іріктеп алу нүктесі	Іріктеп алу күні	^3H тиесілі белсенділігі, Бк/л	Іріктеп алу нүктесі	Іріктеп алу күні	^3H тиесілі белсенділігі, Бк/л
Тайлан қыстағы	14.07.2010	20 ± 10	Құдабай қыстағы	24.08.2010	< 18
	10.08.2010	< 13		30.09.2010	< 14
	10.09.2010	40 ± 20	Төлеуғазы қыстағы	14.08.2010	< 11
Шүрек қыстағы	14.07.2010	20 ± 10	Тайлан 2 қыстағы	17.10.2010	< 14
	27.08.2010	< 19		15.08.2010	< 12
	25.09.2010	< 13		29.08.2010	< 19
Нысан қыстағы	19.08.2010	< 19	Атымай қыстағы	17.09.2010	< 12
	29.09.2010	30 ± 3		11.10.2010	< 15
	18.10.2010	< 12	Тоғалақ қыстағы	14.08.2010	< 12
Жұмақан қыстағы	14.07.2010	30 ± 15	Қара-Қорық қыстағы	10.08.2010	< 13
	14.08.2010	< 12	Құдабай қыстағы	15.08.2010	< 12
	28.09.2010	< 15	Сары-Арка қыстағы	24.08.2010	< 20
	19.10.2010	< 12	Тауүсті қыстағы	25.08.2010	25 ± 12
Тасбасқан қыстағы	29.08.2010	< 18	Мостен 2 қыстағы	18.08.2010	25 ± 12
	12.09.2010	20 ± 10	Мостен қыстағы	13.10.2010	< 12
	17.10.2010	< 11	Жолдатай қыстағы	19.08.2010	< 20

Іріктеп алу нүктесі	Іріктеп алу күні	³ Н тиесілі белсенділігі, Бк/л	Іріктеп алу нүктесі	Іріктеп алу күні	³ Н тиесілі белсенділігі, Бк/л
Сары-Өзек қыстағы	10.08.2010	<14	Бәкіжан қыстағы	10.09.2010	30 ± 15
	18.08.2010	25 ± 12	Қамыс-Шекі қыстағы	05.10.2010	<14
Қарақан қыстағы	15.09.2010	< 14	Сабалақ қыстағы	13.10.2010	<12
	16.10.2010	<11	Елубай қыстағы	17.10.2010	<12

Табу шектеріне жақын аталған тіркелген мәндер бие сүтіндегі ³Н радионуклидінің сандық мәндері тіркелген шаруашылықтардың жайылым телімдерінде құрамы 23 кБк/л дейін ³Н бар топырақасты суларының таяз жатуы (2 м дейін) байқалған аумақта орналасқан [1]. Сәйкесінше, ³Н радионуклиді топырақасты сулардан тамыр жүйелері арқылы аталған аумақта өсетін өсімдіктерге түсіп, жайылым кезінде жануарлардың бойына сіңірілуі мүмкін.

Саржал а. қымыз өндірісі жөніндегі цехтан іріктеп алынған қымыздың сынамаларында (бие сүтінің ортақ ыдыста араласуынан соң жалпы мөлшерден 60 л) ³Н радионуклиді табылған жоқ (2-кесте).

«Дегелең» алаңына іргелес аумақтарда дайындалған шөппен жануарларды қорала азықтандыру кезінде алынған қымызда барлық жағдайда ³Н радионуклидінің тиесілі белсенділігі өлшеу шектерінен төмен болды (2-кесте).

2-Кесте.

Саржал а. қымыз өндірісі жөніндегі цехта өндірілген бие сүтінде (қымызда) ³Н радионуклидінің құрамын анықтау нәтижелері

Іріктеп алу нүктесі	Іріктеп алу күні	³ Н тиесілі белсенділігі, Бк/л	Іріктеп алу нүктесі	Іріктеп алу күні	³ Н тиесілі белсенділігі, Бк/л
жайылымдық азықтандыру кезінде			қорала азықтандыру кезінде		
Саржал ауылындағы қымыз өндіру цехы	04.09.2010	<19	Саржал ауылы, жеке меншік қоралар	21.03.2011	<12
	07.09.2010	<20		21.03.2011	<15
	07.09.2010	<20		21.03.2011	<12
	02.09.2010	<19		21.03.2011	<12
	20.09.2010	<12		21.03.2011	<13
	19.10.2010	<12		21.03.2011	<13

ҚОРЫТЫНДЫ

Тұтасымен алғанда, зерттеулер ³Н құрамы көптеген жағдайларда аппаратура-ның өлшеуінің 7700 Бк/кг (РҚН-99) құрайтын араласу деңгейлерінен мыңдаған рет төмен жекелеген жағдайлардағы сандық мәндер тіркелген төменгі шектерінен аспайды [3]. Сонымен, ССП оңтүстік-шығыс бөлігінде орналасқан фермерлік шаруашылықтарда, сондай-ақ Саржал а. қымыз өндірісі жөніндегі цехта алынған қымыз радиациялық факторлар тұрғысынан қауіпсіз болып табылады.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. Қазақстан радиоэкологиясының өзекті мәселелері [Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының 2007 – 2009жж. еңбектер жинағы] / Лукашенко С.Н. басшылығымен – 2- шығарылым – Павлодар: Баспа үйі, 2010. –б. 57-103: суреттер- Библиогр.: 6.224-231- ISBN 978-601-7112-28-8.
2. ISO 9698 халықаралық стандарты. Су сапасы – аталған шоғырлануға сәйкес тритийдің белсенділігін анықтау – сцинтилляциондық есептеудің сұйықтық әдісі.
3. Мемлекеттік санитарлық-эпидемиологиялық ережелері мен нормативтері. Радиациялық қауіпсіздік нормалары (РҚН-99): СП 2.6.1. 758-99; 01.01.2000 күшіне енген. – Алматы: ҚР Денсаулық сақтау істері жөніндегі агенттік, 1999. – 80 б. – ISBN 9965-501-42-4.

К ВОПРОСУ О КАЧЕСТВЕ КУМЫСА, ПРОИЗВОДИМОГО НА ПРОИЗВОДСТВЕННОМ УЧАСТКЕ В ПОСЁЛКЕ САРЖАЛ

Паницкий А.В., Лукашенко С.Н., Битенова М.М.

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

В данной работе приведены результаты исследований содержания радионуклида ^3H в кумысе, производимом в цехе по производству кумыса, расположенном в с. Саржал, а также в кумысе, производимом на фермерских хозяйствах, расположенных на территории юго-восточной части СИП, участки выпаса которых находятся в непосредственной близости от радиационно-опасных объектов – площадок «Дегелен», «Балапан», «Телькем».

Ключевые слова: тритий (^3H), радиоактивное загрязнение, сельскохозяйственная продукция, кумыс, Семипалатинский испытательный полигон (СИП).

ON THE QUALITY OF KOUMISS MADE AT THE PRODUCTION SITE IN SARZHAL VILLAGE

A. V.Panitsky, S. N. Lukashenko, M. M. Bitenova

Institute of Radiation Safety and Ecology NNC, Kurchatov, Kazakhstan

This paper presents the results of studies of ^3H content in koumiss, produced in the site for koumiss production, located in Sarzhal village, as well as in koumiss produced on farms, located in the southeastern part of the STS, grazing areas of which are in close proximity to the radiation-hazardous sites - "Degelen", "Balapan", "Telkem".

Key words: tritium (^3H), radioactive contamination, agricultural products, koumiss, the Semipalatinsk Test Site (STS).

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

УДК 622.278: 577.4:504.064

«САРЫ-ӨЗЕН» АЛАҢЫНДАҒЫ ГАЗ ШЫҒУЛАРДЫ АЛДЫН АЛА ТЕКСЕРУЛІК ЗЕРТТЕУ НӘТИЖЕЛЕРІ

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

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

²ҚР ҰЯО Атом энергиясы институты, Курчатов, Қазақстан

Мақалада тау жыныстарының жерасты газ шығару процестері түрінде байқалған жерасты ядролық жарылыстар (ЖЯЖ), сондай-ақ бұрынғы ССП «Сары-Өзен» сынақ алаңында отырған жағдайлардың зардаптарын зерттеу нәтижелері ұсынылған. Алдын ала тексерулік жұмыстар «әскери» ұңғымалардың орнын нақтылауға, сондай-ақ сынақтар тәрітібінің белгілері бар 5 нысанды анықтауға мүмкіндік берді. Жұмыстар барысында ұңғымалардың ағымдағы жағдайлары, сондай-ақ дөмпейіп шығу, ойылу және күндізгі беттің басқа да деформациялануы түрінде байқалған жарылыстан кейінгі жағдайлардың бар болуы суреттелді. «Сары-Өзен» алаңында барлық ұңғымаларда көмірқышқыл газының диоксидінің жоғары шоғырлануы мен 14 ұңғымада метанның жоғары шоғырлануы анықталды. Кейбір ұңғымалардағы метанның шоғырлануы «Балапан» алаңындағыға қарағанда өте жоғары, бұл ЖЯЖ жүргізу кезінде зарядтарды салу тереңдігіне байланысты болуы мүмкін. 103 ұңғымасында ЖЯЖ жүргізілген жоқ, алайда ұңғыманың сағаалды алаңындағы топырақ ауасында метан мен көмірқышқыл газы диоксидінің жоғары шоғырлануы тіркелген. Мақалада «Сары-Өзен» алаңындағы газдану процестерін ары қарай зерттеуге қатысты ұсыныстар келтіріледі.

Түйін сөздер: Семей сынақ полигоны, ядролық жарылыстар, «Сары-Өзен», топырақ ауасы, ойылу жағдайлары, топографиялық жұмыстар, геоморфологиялық мониторинг, метан, жерасты газдану, газ шығу.

КІРІСПЕ

ССП «Балапан» алаңында бұрын жүргізілген зерттеулер [1, 2] ЖЯЖ жүргізу нәтижесінде қоршаған ортаның радиоактивті ластануынан басқа көміртектес жыныстардың [3] жануы жерасты процестерінің белсендірілуімен байланысты зардаптардың пайда болуының болжамы көп екендігін көрсетеді. «Балапан» алаңындағы сияқты «Сары-Өзен» сынақ алаңында жерасты ядролық жарылыстар жүргізілген (1-кесте). Қор деректеріне сәйкес [4] 1965 жылдан 1980 жылға дейінгі кезеңде «әскери» ұңғымаларда 24 жерасты сынақтары жүргізілген. Зарядтарды салу тереңдігі орташа есеппен алғанда шамамен 250 метрді құрады. Мұрағаттық және қор деректерінде [5, 6] кейбір жағдайларда ерекшеленетін әскери ұңғымалардың орналасу координаттары келтіріледі. Осыған байланысты «әскери» ұңғымаларды зерттеу үшін олардың орналасу координаттарын нақтылау қажет.

ЖЯЖ ерекшеліктерінің бірі - ЖЯЖ орталық бөлігін алып жатқан тау жыныстары блоктарының уақыт өте келе баяу азаятын жоғары температурасының көп жылғы ағымында бар болуы [7, 8], яғни ЖЯЖ қазандық қуыстары жылу энергиясының

ұзақ уақыт сақтаушысы және көзі болып табылады. «Сары-Өзен» алаңы аумағының геологиялық құрылысы жөніндегі қолда бар деректер көміртектес жыныстардың бар екендігі туралы айтады. ЖЯЖ жүргізу облыстарында жерасты сулары сызаттар жүйелері бойынша жоғары температура да, көміртектес жыныстар да бар облыстарға сіңуі мүмкін, бұл газдану процестері мен пиролиздің пайда болуы үшін ұмтылыс болуы әбден мүмкін. Жоғарыда айтылғанға байланысты, «Сары-Өзен» алаңында ЖЯЖ жүргізу нәтижесінде жерасты жану процестерінің пайда болуы мүмкін.

1. «САРЫ-ӨЗЕН» АЛАҢЫНДАҒЫ АПАТТЫҚ СИПАТТАҒЫ ЖАҒДАЙЛАРДЫҢ ПАЙДА БОЛУЫНЫҢ АЛҒЫШАРТТАРЫ

1.1. «Сары-Өзен» алаңының геологиялық құрылысы және гидрогеологиялық жағдайлары

«Сары-Өзен» алаңының аумағы Орталық Қазақстанның шығыс шетінің шегінде орналасқан Алтыбайдың тауаралық жазықтығының, батысынан Мыржық тау тізбегімен, шығысында Майлыкара және Дегелең тауларымен жиектелген. Геоморфологиялық жағынан алғанда барлық аумақ Қазақ ұсақ құмдағының шегінде орналасқан. Аумақтың геологиялық құрылысында протозойдың, девонның және төменгі карбон мен неогендік және ширек жүйелердің көлденең жатқан құм-саз балшықты борпылдақ тұнбаларының орналасқан метаморфиялық, жанартаулық-тұнбалық шөгінділері катысады.

1.1.1. Стратиграфия

Протерозой тобы. Жоғарыпротерозой шөгінділері телім шегінде ені 250 м, ұзындығы 2,5–3 км жіңішке сызықпен Мыржық тауының етегінде оңтүстік-батыс бөлігі шетінде байқалады. Олар сұр-жасыл, сары-жасыл және жасылтым-сұр, құрамы әр түрлі саз балшықты тақта тас: кварц-хлориттік, эпидот-хлориттік, кремнийлі-хлориттік, кремнийлімен метаморфозданған. Аумақтың батысымен араласқан аумақтағы олардың қуаты шамамен 2 км-де анықталады.

Девон жүйесі. Девон жүйесі шөгінділерінің құрамында таралмаған орта-жоғары бөлімнің живет-франдық қабаттың жанартаугенді-тұнбалық шөгінділері және жоғары бөлімнің фамен ($D_{2gv}-D_3f$) қабатының карбонатты тұнбалары бөлінбеген орта бөлімнің эйфель (D_{2ef}) және живет (D_{2gv}) қабаттарының шартты түрде жанартаугенді пайда болуы бөлінеді. Қабаттың құрамына ең бастысы андезитті және андезитті-базальттық порфириттер және олардың туфалары кіреді, олардың арасында, әсіресе киманың жоғарғы бөлігінде, кейде қышқыл лавалардың, құмдардың қабаттары және ізбестердың линзалары кездеседі. Алаң шегіндегі шөгінділердің қуаты 0,25–0,7 км аспайды. Барлық қалың қабат қатты метаморфозданған және ірі қабаттарға майысқан.

Тас-көмір жүйесі. Төменгі бөлім. Визей қабаты, төменгі қабатасы (C_1v). Сұр түспен, түрлі дәнді, полимикті құмдақтармен және қара-сұр және қара көмірлі-сазды саз балшықты тақта тастармен берілген. Шөгінділердің көмірлі болуы оларға ғана тән сипаты болып табылады. Шөгінділердің қуаты 0,15–0,2 км.

Неоген жүйесі. Неоген шөгінділері қабатты палеозой іргетасын оңтүстікте, солтүстікте, солтүстік-батыста, солтүстік-шығыстағы аздаған жалаңаштанған телімдерін

алмағанда телімнің барлық алаңын дерлік жабады. Неоген шөгінділері қызғылт-қоңыр және жасыл түсті саздармен берілген. Шөгінділердің қуаты 5 м-ден 86 м дейін кең шектерде өзгереді. Саздардың аса қуатты қалың қабаттары (70–80 м) суреттеліп отырған аумақтың оңтүстік-батысында байқалады.

Ширек жүйе. Ширек жастағы шөгінділер телімнің оңтүстік-батысындағы екінші кварцитті қатарды алмағанда алаңдағы барлық ежелгі пайда болуларды тұтас қабатпен жабады. Аллювиальды-пролювиальды, делювиальды-пролювиальды, делювиальды, элювиальды-делювиальды, аллювиальды, көлді шөгінділермен берілген. Шөгінділердің қуаты бірнеше ондаған см-ден 26 м дейін.

Интрузивті жыныстар. Интрузивті пайда болулар алаңның оңтүстік-батыс бөлігінің аздаған алаңында ұңғымалармен ашылған. Одан басқа жекелеген аздаған массивтер оның орталық бөлігінде ашылған. Интрузивті жыныстар екі түрлі жастағы және әр түрлі құрамдағы кешендермен: төментас-көмірлі субжанартаулық диоритті интрузивтермен және ерте жоғарыпалеозой гранитоидты кешенмен берілген.

Тектоника. Аймақтық жағынан алғанда аумақ Шу синклинориясының шегінде бола тұра, Шыңғыс-Тарбағатай каледон қабатты жүйесінің құрамына кіреді. Мұнда екі: палеозой және кайнозой құрылымдық қабаты бөлінеді. Телімдегі кесілген бұзылулар жеткілікті қарқынды дамыған. Өзінің бағытында олар солтүстік-батыста және солтүстік-шығыста созылған омырылуларға бөлінеді.

1.1.2. Гидрогеологиялық жағдайлар

Аумақтың құрылымдық-тектоникалық жоспарының ерекшелігі, климат, бедер және геологиялық пайда болулардың литологиялық-петрографиялық құрамы алаңның гидрогеологиялық жағдайларының қалыптасуына әсер ететін негізгі табиғи факторлар болып табылады. Қоректенудің негізгі облыстары телімнің шегінен тыс орналасқан. Олар –батыста және оңтүстік-батыста Мыржық таулары, оңтүстікте – Дегелең таулары.

Жерасты суларының қозғалысының негізгі бағыттары олар құятын Ертіс өз. алқабы жағына қарай солтүстік-шығыста.

Алаңда сулардың келесі түрлері бөлінеді:

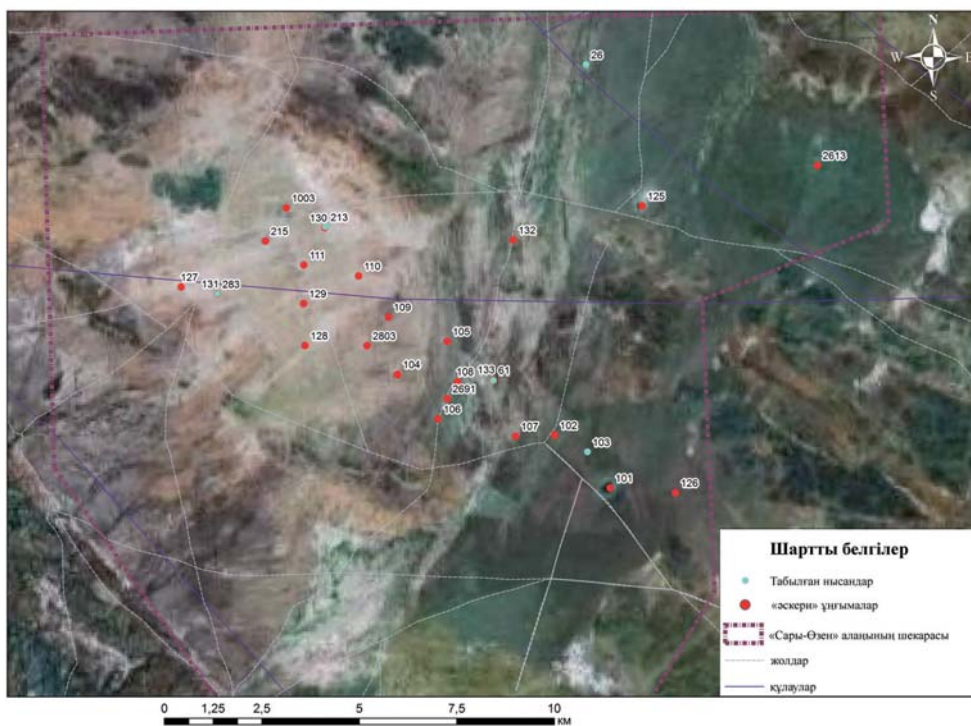
- палеозой жыныстары желденуінің сызатты жоғары аймағына орайластырылған сызатты сулар;
- тектоникалық бұзылуларға іргелес және жыныстар үгітілуінің аймақтарында бар сызатты-желілік сулар;
- ширек жасты аллювиальды-пролювиальды және аллювиальды шөгінділерде сызатпен тараған сызатты сулар.

Атмосфералық жауын-шашындардың жеткіліксіздігі мен жазғы кезеңдегі инфильтрацияның үстінен буланудың басым болуымен байланысты қоректенудің қолайсыз жағдайлары, сондай-ақ күрделендірілген суалмасу жерасты суларының минералдануының жоғарылауына және аридті және кепкен аймақтарға тән нақты бір хлоридті-сульфатты, сирек минералданудың сульфатты-хлоридті-натрийлі типінің қалыптасуына алғышарттар құрайды.

Қарқынды су алмасу есебінен тектоникалық бұзылулар аймағында тұщы және әлсіз тұзды жерасты суларының жиналуы мүмкін, олар жергілікті сумен қамтамасыздандыру үшін қолданылуы мүмкін.

Сулы көкжиектер:

- төментаскөмірлі шөгінділердің жоғарыдевон сызатты аймақ сулары (D_3fm-C_1t, C_1v_1);
- орта- және жоғарыдевон эффузивті-тұнбалы шөгінділердің сызатты аймақ сулары ($D_{2gv}-D_3f$);
- ортадевон тұнбалы-эффузивті шөгінділердің сызатты аймақ сулары (D_{2ef}, D_{2gv});
- жоғарыпротерозой метаморфтық пайда болулардың сызатты аймақ сулары (PR_3);
- әр түрлі интрузивтік пайда болулардың сызатты аймақ сулары (PZ_3);
- аллювиальды-пролювиальды және көлдік шөгінділердің споралық таралу сулары (арQ).



1-Сурет. «Сары-Өзен» алаңының ұңғымалары

Алаңның шектерінде жерасты сулары мен аймақтық су өткізбейтіндердің құйылуының көрінетіндей ошағының болмауы сызатты аймақтардың жерасты суларын бірыңғай гидрогеологиялық бассейн ретінде қарастыруға негіз береді. Жалпы алғанда сызатты аймақтардың жерасты суларының келесідей параметрлері бар. Су сіңіргіш жыныстар мыналармен: сызатты ізбестас, құмдақтар, конгломераттар, гравелиталар, алевролиталар, көмір-сазды тақта тастар, порфириттер, туфалар, әр түрлі эффузивалар, гранодиориталар, граниттар, диорит-порфиралар, габбро-диориталармен беріл-

ген. Сулы қалың кабаттың қуаты 50-ден 110 м дейін. Жерасты суларының орналасу тереңдігі 14-тен 130 м дейін. Сулардың ағысы, негізінен, қатты емес, сулы шөгінділердің неогенді саздармен жабылатын жерлерде 40 м жететіндей ағыс пайда болады. Сулар, негізінен, тұщы және тұзды, минералдануы 14,7 г/л дейін, 3–5 г/л артық. Сүзгілену коэффициенті сызаттану дәрежесімен анықталады және тектоникалық бұзылулардың аймақтарында ұлғая отырып, кең шектерде 0,001-ден 4,4 м/тәулік құбылмалы.

Аллювиальды-пролювиальды, аллювиальды және көлдік шөгінділердің қуыстық таралу сулары (арQ). Су сіңіретін жыныстар төбеаралық еңістерде, су ағысының ежелгі жыраларында, көл қазан-шұңқырларында тараған және қиыршық тасты-майда тасты шөгінділермен, сирек құмдақтар мен құмайттармен берілген. Су сіңіретін жыныстардың қуаты 1,3 м-ден 20 м дейін өзгереді. Жерасты суларының жатқан тереңдігі 7–15 м. Сулар ағынды емес, саздардың таралу телімдерінде 3–15 м-лік жергілікті ағын басым. Сулары тұщы және тұзды, минералдануы 0,7–5,7 г/л. Дебит жүздеген бөліктен 0,1 л/с дейін.

«Сары-Өзен» алаңы аумағының геологиялық құрылысы мен гидрогеологиялық жағдайларының сипаты туралы қолда бар деректер ЖЯЖ зақымдаушы факторлардың әсері нәтижесінде пиролиз бен жерасты газдану процестерінің пайда болуы мен өтуі әбден мүмкін екендігін болжауға мүмкіндік береді. Бұл процесте қатысуға құрамында көміртектер материалдары бар жыныстар (көміртектер алевролиттер, саз балшықты тақта тастар, құмдақтар) көп дәрежеде ыңғайлы [9].

1.2. «Сары-Өзен» алаңындағы ядролық сынақтар және олардың салдары

1.2.1. «Сары-Өзен» алаңындағы ядролық сынақтар туралы жалпы ақпарат

«Сары-Өзен» алаңында 1965 жылдардан 1980 жылдарға дейінгі кезеңде ұңғымаларда 24 ЖЯЖ жүргізілді [4]. Қолда бар деректер бойынша сынақтардың көпшілігінде жарылыстардың қуаты 20 кт-дан асқан жоқ. Аса көп техногенді жүктеме облысы жерасты ядролық жарылыстар нәтижесінде алаңның орталығында және солтүстік-батыс бөлігінде орналасқан.

Кестеде (1-кесте) «Сары-Өзен» алаңындағы ЖЯЖ жөніндегі жалпы деректер ұсынылған, орналасу сұлбасы 1-суретте келтірілген.

«Сары-Өзен» алаңындағы жарылыстар жөніндегі жалпы деректер

№ Р/Р	№ ұңғыма	ЯЖ күні	[10] бойынша					[11] бойынша		
			ЯС қуаты	Радиация- лық әсер	ЯС мақсаты	Заряд- ты қою тереңдігі	ЯС магни- туда сы	ЯС қуаты	Есептік қуат	ЯС магни- туда сы
1	101	18.12.1966	20-150	ТЕКЖ (ОРЖ)	ӨЗӨ	427	5,8	38	100	5,92
2	102	16.09.1967	0,001-20	ТКЖ (РИГ)	ЯҚЖ	230	5,3	11	16	5,25
3	104	21.07.1970	0,001-20	ТКЖ	ЯҚЖ	225	5,4	14	23	5,38
4	105	22.09.1967	10	ТКЖ	ЯҚЖ	229	5,2	9,2	10	5,16
5	106	22.11.1967	0,001-20	ТКЖ	ЯҚЖ	227	4,8	3,6	1,6	4,41
6	107	28.12.1969	46	ТКЖ	ЯҚЖ	388	5,7	30	40	5,79
7	108	31.05.1969	0,001-20	ТЕКЖ	ЯҚЖ	258	жоқ	11	18	5,29
8	109	16.02.1979	0,001-20	ТКЖ (РИГ)	ЯҚЖ	жоқ	5,4	15	23	5,39
9	110	06.06.1971	16	ТКЖ (РИГ)	ЯҚЖ	299	5,5	17	16	5,53
10	111	09.10.1971	12	ТЕКЖ (ОРЖ)	ЯҚЖ	237	5,3	12	12	5,37
11	125	04.11.1970	0,001-20	ТКЖ (РИГ)	ӨЗӨ	249	5,4	14	27	5,44
12	126	04.04.1980	0,001-20	ТКЖ	ЯҚЖ	жоқ	4,9	6	6	4,9
13	127	21.10.1971	23	ТКЖ (РИГ)	ЯҚЖ	324	5,5	19	23	5,58
14	128	02.09.1972	2	ТКЖ (РИГ)	ЯҚЖ	185	4,9	4,3	2	5,1
15	129	19.06.1971	0,001-20	ТКЖ (РИГ)	ЯҚЖ	290	5,4	15	35	5,54
16	130	29.03.1977	20-150	ТКЖ (РИГ)	ЯҚЖ	жоқ	5,4	жоқ	жоқ	жоқ
17	131	19.04.1973	0,001-20	ТКЖ (РИГ)	ЯҚЖ	жоқ	5,4	12	21	5,36
18	132	26.08.1972	0,001-20	ТКЖ (РИГ)	ЯҚЖ	285	5,3	13	21	5,36
19	133	04.08.1976	0,001-20	ТЕКЖ	ЯҚЖ	жоқ	4,1	0,06	0,9	4,2
20	215	28.11.1974	0,001-20	ТЕКЖ (ОРЖ)	ЯҚЖ	жоқ	жоқ	жоқ	0,01	2,7
21	1003	14.10.1965	1,1	ТШЖ	ӨЖ	48	жоқ	жоқ	1,1	4,28
22	2613	18.07.1979	0,001-20	отс.	жоқ	жоқ	жоқ	жоқ	12	5,16
23	2691	19.03.1978	0,001-20	ТКЖ	ЯҚЖ	жоқ	5,2	9,4	13	5,19
24	2803	16.02.1989	0,001-20	ТКЖ	ЯҚЖ	жоқ	5,2	жоқ	жоқ	жоқ

Қысқартулар:

жоқ деректер жоқ
д/т детектрленгеннен төмен (газдың шоғырлануы туралы)
ТЕКЖ толық емес камуфлетті жарылыс (соңынан қосындылардың жа-
нуы бар газтәріздес және бутәріздес радиоактивті өнімдердің
жылдам және динамикалық ағуы)

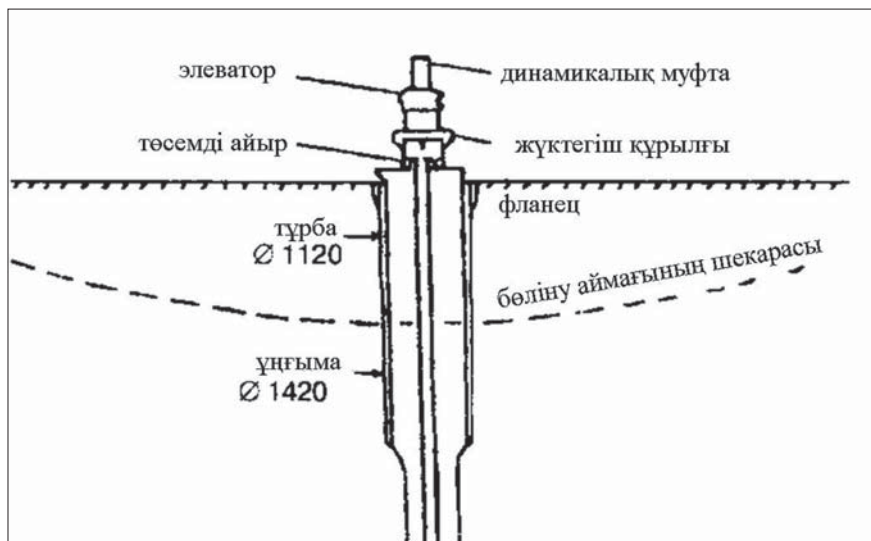
ТЕКЖ - ОРЖ	оқыс радиациялық жағдай бар толық емес камуфлеттің жарылысы (оқыс радиациялық жағдай бар толық ішкі әрекеттің жарылысы (ОРЖ), жарылыс өнімінің сынақтардың қалыпты процесінің кездейсоқ бұзылуына байланысты немесе оның жобада қарастырылмаған, адамдардың бекітілген нормадан жоғары сәулеленуіне немесе материалдық зиянға әкелген немесе әкелетін салдарымен газ- және бутәріздес фазада ерте және ағынмен атмосфераға динамикалық түсумен ілескен жарылыс)
ТКЖ	толық камуфлетті жарылыс (жарылыс инертті газдардың атмосфераға шығуымен ілескен жок)
ТШЖ	топырақтың шығарындысы бар жарылыс (шығарындыға арналған шұңқыр)
ТКЖ (РИГ)	толық емес ішкі әрекет жарылысы (жарылыстың эпицентрлық аймағында сызатты аймақтар мен жер бетінің шеткі бұзылудың аймақтардың қосылуымен және әдеттегідей, азғантай желдетумен қысқаөмір сүретін радионуклидтердің – инертті газдардың атмосфераға шығуымен ілескен)
ЯҚЖ	ядролық каруды жетілдіру
ӨЗӨ	өнеркәсіптік зарядтарды өндеу (ядролық жарылыстарды бейбіт мақсаттарда өндіру үшін)
ӨЖ	өнеркәсіптік ядролық жарылыстар (бейбіт мақсаттарда жүргізу, технологияларды өндеу)

2. ЖАЛПЫ ӘДІСТАНАМА ЖӘНЕ ЖҰМЫСТАРДЫ АППАРАТУРАЛЫҚ-ӘДІСТЕМЕЛІК ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ

2.1. Жұмыстарды аппаратуралық-әдістемелік қамтамасыз ету

2.1.1. Алдын ала тексеру жұмыстары

Жұмыстардың алғашқы деңгейінде «Сары-Өзен» алаңының барлық «әскери» ұңғымаларында «әскери» ұңғымалардың маңайындағы аландардың жағдайына зерттеу жүргізілді. Координаталардың тізбесі және өткен жылдардың жұмыс нәтижелері бойынша дайындалған «әскери» ұңғымалардың орналасу сұлбасы бастапқы деректер болды. «Әскери» ұңғыманы тану кезінде жергілікті жерде WGS 84 координаталар жүйесінде GPS GARMIN 12 пайдалану арқылы сағаның координаттарын анықтау, ұңғымалардың ұшын, бедердің аса көрінетін ерекшеліктерін ұңғыма айналасында суретке түсіру, тіркелген шұңқырлар мен бедердің төмендеу/жоғарылау өлшемін (диаметрі және тереңдігі) суреттеу және бағалау жүргізілді. Жұмыс барысында ұңғымаларды «әскерилерге» жатқызу үшін жерасты сынақтарын жүргізу белгілері пайдаланылды, оның ішінде - Ø1120 мм тұрба түріндегі ұңғыма ұшының, элеватордың, динамикалық жалғастырғыштың, төсеніш аша мен тиеу қондырғысының бар болуы (2-сурет). Деректер бойынша [4] сынақтардағы «әскери» ұңғымалардың диаметрі, әдетте, ~ 1 м құрады.



2-Сурет. Ұңғыма құрылысының үзіндісі [4]

2.1.2. Геоморфологиялық мониторинг

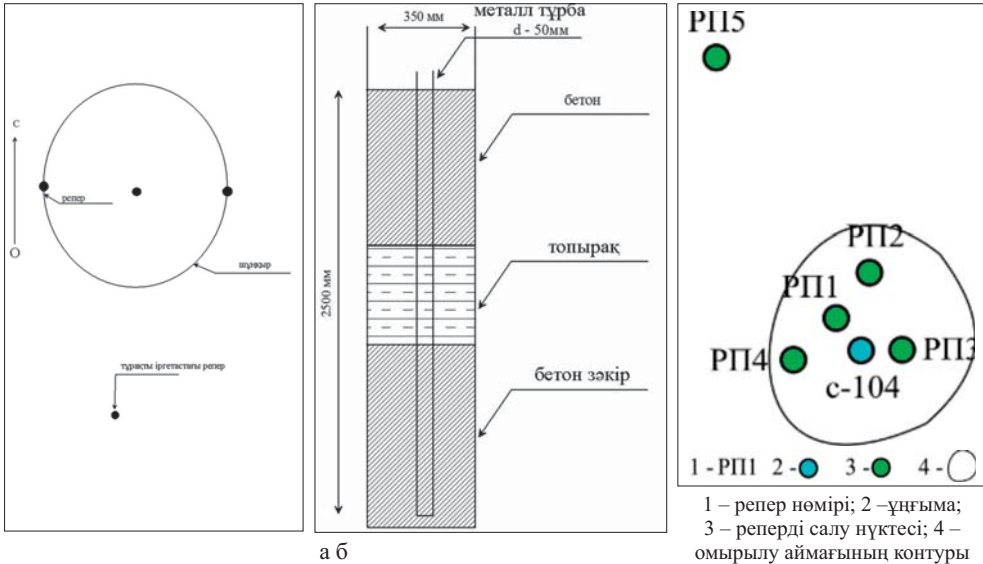
Келесі геоморфологиялық мониторингті жүргізудің топографиялық негізін құру үшін 104 ұңғымасының сағалды алаңында тахеометриялық түсіру орындалды. Күндізгі жер беті деформациясының жалғасатын процестерін әр түрлі тахеометриялық түсірудің деректерін салыстыру арқылы қадағалау үшін геоморфологиялық мониторинг басталды.

104 ұңғымасының сағалды алаңында түсірумен жабу 1:2000 масштабта бедердің 0,5 м қима биіктігімен 1x1 км² құрады [3]. SOKKIA SET 510 № 33746 және SOKKIA SET 230 R3 № 170094 электрондық тахеометры пайдаланылды.

Геодезиялық желінің түсірілім нүктелері жергілікті жерлерде уақытша белгілермен - биіктігі 40 см металл өзектермен бекітілген. Жоспарлы түсірілім геодезиялық желісінің дамуы электрондық тахеометрді пайдалану арқылы полярлық тәсілмен орындалған, бұл кезде полярлық бағыттардың ұзындығы 1000 м аспайды. Биік геодезиялық желінің дамуы техникалық нивелирлеумен орындалған.

Деректерді өңдеу нәтижелері бойынша GeoniCS Топоплан v. 9.09 бағдарламалық пакетті пайдалану арқылы топографиялық жоспарлар құрылған.

Инженерлік-топографиялық жоспардың нақтылығы заттар мен контурлар орналасуларының орташа айырмашылығының мөлшерлері бойынша, сол сияқты далалық өлшеулердің деректерімен, көлденең бойынша есептелген нүктелердің биіктерінде бағаланды. Геодезиялық негіздің жақын нүктелеріне қатысты нақты сызықтары бар жергілікті жердің контурлары кескінінің орташа дәлсіздігі жоспарға қатысты жоспар масштабында 0,5 мм аспайды. Бедер түсірілімінің орташа дәлсіздігі және түсірілім негіздемесінің жақын нүктелеріне қатысты оның жоспардағы кескіні бедердің қимасының қабылданған биіктігінен – 1/3 аспайды (беттің 10° еңіс бұрыштары кезінде).



3-Сурет. 104 ұңғымасы. Құлауларда топографиялық мониторинг жүргізуге: а – реперлерді орналастыру конфигурациясы; б –реперлердің құрылысы

4-Сурет. 104 ұңғымасындағы реперлердің салыну сұлбасы

Тахеометриялық түсіріліммен бірге 104 ұңғымасының сағаалды алаңында құлаулардың динамикасының ары қарайғы жедел мониторингін жүргізу үшін 2 гр. типті ұзақ мерзімді реперлер бекітілген (3-сурет). Реперлердің орналасу сұлбасы суретте көрсетілген (4-сурет). Шұңқырдың шеттерінде орнатылған реперлердің арасындағы арақашықтық – шамамен 250 м, орталық репер шұңқырдың түбінде 6 м тереңдікте орналасқан.

Кестеде (2-кесте) 5 салынған реперлердің координаттары келтірілген. 2011 жылы, реперлерді орнатудан соң 1 жылдан кейін, СНЖ/еЕ талаптарына сәйкес геодезиялық жұмыстарды жүргізу үшін, электрондық сандық нивелирмен жоғары тоқпен ниверлирлеу жасалады. 2012 жылы 104 ұңғымасында реперлерді салу жерлеріндегі күндізгі жер бетінің қозғалуын сандық бағалау үшін алғашқы деректер алынатын болады.

104 ұңғымасы. 5 салынған реперлердің координаттары

Репер №	WGS 84 координаттары	
	солтүстік ендік	Шығыс бойлық
104-I	49°57'10".6	77°40'19".5
104-II	49°57'11".8	77°40'20".9
104-III	49°57'09".9	77°40'22".1
104-IV	49°57'09".7	77°40'17".7
104-V	49°57'17".1	77°40'14".8

Суретте (5-сурет) реперді ресімдеу үлгісі көрсетілген.



5-Сурет. Реперді ресімдеу

2.1.3. Газ құрамын анықтау жөніндегі жұмыстарды аппаратуралық-әдістемелік қамтамасыз ету

1. Пайдаланылған әдістер мен аппаратура

Топырақтағы және атмосфералық ауадағы газдардың құрамын анықтау Сенсис-200 және АНК-7664М газоанализаторында жүргізілді.

Сенсис-200 [12] газоанализаторындағы жұмыс принципі өлшегіш қайта өңдеушілерден түсетін дабылдарды санға, соңынан оларды орнатылған микропроцессормен өңдеу жүргізілетін үздіксіз қайта өңдеуге негізделген. Газоанализатор үздіксіз әрекет ететін аспап ретінде берілген, бір уақытта ауа атмосферасында шоғырлануды сегіз газға дейін өлшейді. Газоанализаторда өлшегіш қайта өңдеушілер ретінде электрохимиялық, оптикалық, жартылай өткізгіш, термокаталитикалық, хемилюминесценттік, аралас сенсорлар пайдаланылады.

АНКАТ-7664М газоанализатор оттегі, көміртегі оксиді (II), күкіртті сутегі, шекті көмірсутегі сомасы шоғырлануының (E_x) ауқымды бөлшегін үздіксіз автоматты өлшеу үшін жасалған. Пайдаланылған газоанализатордың кейбір техникалық сипаттамалары 3-кестеде келтірілген [13].

3-Кесте.

Пайдаланылған жабдықтың диапазондары және өлшеу бірліктері

№ р/р	Заттектің атауы	Химия- лық формула	Өлшеулер диапазоны	Дәлсіздік	Газоанализатор
1	Сутегі	H_2	0,001 - 1 %; 0,002 - 4%	$\pm 0,2C_{\text{вх}}$	Сенсис-200
2	Метан	CH_4	0,02 - 5 % 0,2 - 100 %	$\pm 0,2C_{\text{вх}}$	Сенсис-200
3	Күкірт диоксиды	SO_2	0,1 – 20 мг/м ³ 0,5 - 100 мг/м ³ 1 - 2000 мг/м ³	$\pm 0,2C_{\text{вх}}$	Сенсис-200
4	Көміртегі диоксиды	CO_2	0,002 - 5 %; 0,001 - 2%	$\pm 0,2C_{\text{вх}}$	Сенсис-200
5	Көміртегі оксиды	CO	0 – 200 мг/м ³	$\pm 5 \text{ мг/м}^3$	АНКАТ-7664М
6	Көмірсутегі	H_2S	0 - 40 мг/м ³	$\pm (2,5+0,25(C_{\text{вх}}-10)) \text{ мг/м}^3$	АНКАТ-7664М

Қосымша дәлсіздік шектері – 5 %.

Ауа сынамаларын іріктеп алу

Топырақ ауасы сынамаларын іріктеп алу жинақтаушы ыдыстардың (ауа сынамаларын іріктеп алуға арналған патрубкалармен жасақталған көлемі 10 л полиэтилен канистралар) көмегімен жүргізілді. Герметиктілікке ыдысты 5–7 см-ге тереңдету мен оның қабырғаларына тиіп тұрған топырақты тығыздау арқылы қол жеткізілді. Газдардың жинақталу ұзақтығы бір тәуліктен аз уақытты құраған жоқ. Бір тәулік өткен соң жинақтаушы ыдыстан газ қосындысының сынамаларын іріктеп алу жүзеге асырылды.

Жинақтаушы ыдысты орнату нүктелерін таңдау кезінде жасалуы техногенді бедер формаларының (сызаттар, құламалы шұңқырлар және т.б.) бұзылуы бар орындар басым саналды.

«Әскери» ұңғымалардың орналасу орындарында атмосфералық ауадағы газдардың шоғырлануын өлшеу қосымша жүргізілді. Газдардың шоғырлануын өлшеу тікелей газоанализатормен күндізгі жер бетінің үстінен ~1 метр деңгейде жүргізілді.

Бақылау мәндерін алу үшін сағаалды алаңдардан көп алыс топырақ ауасының сынамаларын іріктеп алу жүргізілді (шамамен 500 метр қашықтықта).

Сынамаларды іріктеп алу ППГ газдарды іріктеп алу және сақтауға арналған аспаппен жүргізілді.

Топырақ сынамаларын тасымалдау, сақтау үшін шыны аспиратор пайдаланылды. Бұл құралдың жұмыс істеу принципі теңестіргіш шынының көмегімен газды ығыстырып шығаруға негізделген [15].

3. ЖҰМЫСТАР НӘТИЖЕЛЕРІ МЕН ТАЛҚЫЛАУ

3.1. Алдын ала тексерулердің зерттеу нәтижелері

«Сары-Өзен» телімінде жергілікті жерді тану және «әскери» ұңғымалардың сағаларының жағдайын нақтылау жүргізілді. Ұңғымаларға жақын жерде күндізгі жер бетін фотоқұжаттандыру бір ғана ракурста, алаңның оңтүстік жағынан жүргізілді.

2007 жылдың алдын ала тексеру жұмыстары нәтижелері бойынша барлығы [10] 29 нысан табылды (4-кесте). «КСРО-дағы сынақтар» жұмысында жарияланған «әскери» ұңғымалардың тізбесінде [4], көрсетілген «әскери» нысандар (ұңғымалар) – 24. Осы тізімнен 21 нысан табылды. Үш нысан – 105, 131 және 133 табылған жоқ, кешірек 2009 жылы олардың орналасу орындары анықталды және координаттық бекітілуі жүзеге асырылды [15].

Тізбесінде көрсетілген «әскери» ұңғымалардан басқа [4], сол уақытта сынақтар жүргізілген деп болжанған 5 басқа нысан табылды. Нысандарға 103, 283, 213, 61 және 26 деген нөмірлер берілді. 103 нысанында ұшының диаметрі үлкен 4 ұңғыма табылды. 26 нысанында 2 шұңқыр табылды.

4-Кесте.

«Әскери» ұңғымалардың координаттарын алдын ала тексерулік анықтау нәтижелері

№ р/р	№ ұңғ.	№ тізбесі бой- ынша жары- лыс [4]	Географиялық координаттар, градустар, минуттар, секундтар					
			Бекітілу нәтижелері бойынша		[15] бойынша		[16] бойынша	
			солтүстік ендік	шығыс бойлық	солтүстік ендік	шығыс бойлық	солтүстік ендік	шығыс бойлық
1	101	262	49 55 28,5	77 44 50,0	49 55 28,5	77 44 50,0	49 55 24,4	77 44 43,6
2	102	272	49 56 13,9	77 43 41,2	49 56 13,9	77 43 41,2	49 56 05,5	77 43 25,5
3	104	323	49 57 08,7	77 40 22,4	49 57 08,7	77 40 22,4	49 57 10,6	77 40 20,7
4	105	273	49 57 34,7	77 41 27,8	49 57 34,7	77 41 27,8		
5	106	278	49 56 31,0	77 41 12,36	49 56 31,0	77 41 12,36	49 56 32,6	77 41 10,6
6	107	314	49 56 14,4	77 42 51,2	49 56 14,4	77 42 51,2	49 56 16,0	77 42 49,0
7	108	301	49 57 01,1	77 41 39,2	49 57 01,1	77 41 39,2	49 57 03,0	77 41 37,0
8	109	515	49 57 56,5	77 40 13,0	-	-	49 57 56,5	77 40 13,0
9	110	339	49 58 31,5	77 39 37,0	49 58 31,5	77 39 37,0	49 58 33,4	77 39 34,7
10	111	347	49 58 42,3	77 38 27,0	49 58 40,4	77 38 29,2	49 58 42,1	77 38 26,9
11	125	328	49 59 21,2	77 45 44,8	49 59 21,2	77 45 44,8	49 59 26,2	77 45 41,2
12	126	544	49 55 22,4	77 46 13,8	-	-	49 59 30,2	77 38 06,9
13	127	348	49 58 27,5	77 35 48,1	49 58 25,7	77 35 50,4	49 58 27,5	77 35 48,1
14	128	369	49 57 35,3	77 38 24,8	49 57 33,9	77 38 27,2	49 57 35,3	77 38 24,8
15	129	340	49 58 10,2	77 38 24,7	49 58 08,5	77 38 26,9	49 58 10,2	77 38 24,7
16	130	458	49 59 12,7	77 38 55,9	-	-	49 56 47,5	77 41 25,0
17	131	380	49 58 20,9	77 36 34,5	-	-	-	-
18	132	367	49 58 56,8	77 42 57,1	49 58 55,1	77 42 59,8	49 58 56,7	77 42 27,2

№ р\р	№ ұңғ.	№ тізбесі бойынша жарылыс [4]	Географиялық координаттар, градустар, минуттар, секундтар					
			Бекітілу нәтижелері бойынша		[15] бойынша		[16] бойынша	
			солтүстік ендік	шығыс бойлық	солтүстік ендік	шығыс бойлық	солтүстік ендік	шығыс бойлық
19	133	447	49 57 1,5	77 42 25,3	-	-	-	-
20	215	412	49 59 03,3	77 37 38,5	49 59 03,3	77 37 38,5	49 59 03,3	77 37 38,5
21	1003	242	49 59 30,2	77 38 06,9	49 59 26,3	77 38 08,6	49 59 30,2	77 38 06,9
22	2613	524	49 59 49,4	77 49 32,0	-	-	49 59 49,4	77 49 32,0
23	2691	481	49 56 47,5	77 41 25,0	-	-	49 57 33,3	77 39 44,6
24	2803	515	49 57 33,3	77 39 44,6	-	-	49 55 22,4	77 46 13,8
Тізбесіне кірмеген ұңғымалар [4]								
1	26	-	50 01 20,4	77 44 39,3	-	-	-	-
2	283	-	49 58 20,9	77 36 34,4	-	-	-	-
3	213	-	49 59 13,4	77 38 56,6	-	-	-	-
4	61	-	49 57 01,4	77 42 25,2	-	-	-	-
5	103	-	49 55 59,2	77 44 23,0	-	-	-	-
Ескерту – сұр түспен координаттары сәйкес келетін ұңғымалар белгіленген								

Сонымен, «Сары-Өзен» алаңында «әскери» ұңғымалардың шынайы орналасуы туралы деректер алынған. «Әскери» ұңғымалардың орналасуының алынған координаттарының әдеби көздердің деректерімен сәйкес келмеуі кездесетінін атап өткен жөн [5 және 6]. Бекіту және нақтылау нәтижесінде алынған «әскери» ұңғымалардың координаттары газ шығаруға тексеру жүргізу үшін пайдаланылды.

Қазіргі уақытта, 5 табылған нысанның орналасу орындарында химиялық не ядролық жарылыстар жүргізілді ме, жүргізілмеді ме, ол анықталған жоқ. Арнайы зерттеулер олардың табиғатын анықтауға мүмкіндік береді.

«Әскери» ұңғымалардың сағаларының бекітілуі, сондай-ақ ЖЯЖ белгілері бар нысандарды және табылған ұңғымалардың ұштарын фотоқұжаттандыру ағымдағы жағдайын қысқаша суреттеумен қоса жүргізілді (5-кесте).

5-Кесте.

Ұңғымалар сағаларының жағдайы туралы мәліметтер

№ р\р	Нысан/ұңғыма нөмірі	Суреттеме
1	101	Үлкен ұңғыма, үлкен шұңқыр $\varnothing$ 350–400 м, координаттары шұңқырдың оңтүстік қапталында алынған, $\gamma = 120$ мкр/сағ., үйінді биіктігі ~10–15 м. Пайда болған шұңқырдың айналасындағы жергілікті жер негізінен жазықтық, жарылыстан соң сәл өзгерген.
2	102	Әскери ұңғыма, ұшы бұзылған, отырғызу 4–5 м дейінгі тереңдікте алынған.
3	103/1	Әскери ұңғыма, 103В3-тен 15 м СШ қарай орналасқан, ұшы бұзылған, отырғызу 7 м дейінгі тереңдікте алынған.
4	103/2	Әскери ұңғымалар, қатарынан 3 дана орналасқан, ұштары бұзылған, отырғызу 3–4 м дейінгі тереңдікте алынған.

№ р/р	Нысан/ұңғыма нөмірі	Суреттеме
5	104	Әскери ұңғыма, үлкен шұңқыр, құлама шұңқырдан оңтүстік жаққа қарай бедердің біраз көтерілуі байқалады, ұшы шұңқырдың ортасында, айнала-сында кішкене көл бар.
6	104S	Әскери ұңғыма, үлкен шұңқыр, координаттары шұңқырдың оңтүстік қапталынан алынған
7	104N	Әскери ұңғыма, үлкен шұңқыр, координаттары шұңқырдың солтүстік қапталынан алынған
8	106	Әскери ұңғыма, ұшы бұзылған, отырғызу 6 м дейінгі тереңдікте алынған
9	107/1	Әскери ұңғыма, ұңғыманың сағасынан шамамен 40 м-де жасанды қазылған шұңқыр, ұшы бұзылған, отырғызу 4 м дейінгі тереңдікте алынған
10	107/2	Барлығынан бұрын, әскери ұңғыма, отырғызу үлкен диаметрлі, жыныспен толған, одан шоғырлану дөңгелегімен жер бетінің толқын тәрізді дөмпеюі тарайды, 70 м к 07B1 ұңғымасынан ОШ қарай 70 м
11	108	Әскери ұңғыма, ұңғыма сағасының аумағында топырақтың жалпы көтерілуі байқалады, ұшы бұзылған, отырғызу 4–5 м дейінгі тереңдікте қиылған
12	109	Әскери ұңғыма, ұшы бұзылған, отырғызу 7 м дейінгі тереңдікте алынған. Әскери ұңғыманың орталық тұрбасында бояумен 1226 деп жазылған. Жер бетінің биік емес көтерілуінің биіктігі ~2.0 м 0100–150 м. Ұңғыманың айнала-сында бедердің біраз дөмпеюі және ұсақ құламалар байқалады
13	110/1	Әскери ұңғыма, ұшы бұзылған, отырғызу 6 м дейінгі тереңдікте алынған. Бедердің біраз дөмпеюі және көтерілуі ұңғыманың сағасына қарай
14	110/2	Әскери ұңғыма, ұшы бұзылған, отырғызу 6 м дейінгі тереңдікте алынған, ұшы көрінбейді, шұңқырдың түбінде су бар, жанында 110B1 ұңғымасы
15	110/3	Әскери ұңғыма, ұшы бұзылған, отырғызу 5 м дейінгі тереңдікте алынған, 110B1 ұңғымасынан ОБ қарай 170 м орналасқан
16	111/1	Әскери ұңғыма, ұшы бұзылған, отырғызу 3–4 м дейінгі тереңдікте қиылған. Ұңғыма сағасының облысында топырақтың жалпы көтерілуі байқалады
17	111/2	Әскери ұңғыма, ұшы бұзылған, отырғызу 3–4 м дейінгі тереңдікте қиылған, 111B ұңғымасынан 5 м-де орналасқан
18	111/3	Әскери ұңғыма, ұшы бұзылған, отырғызу 3–4 м дейінгі тереңдікте қиылған, 111B ұңғымасынан 10 м-де орналасқан
19	125	Әскери ұңғыма, шұңқырдың өлшемі үлкен, ішінде кішкене көл, координаттар шұңқырдың солтүстік қапталынан, оның үстіңгі бөлігінен алынған, нақтырақ координаттарды 125G4 ұңғымасынан қараңыз
20	126	Әскери ұңғыма, ұшы бұзылған, отырғызу 4 м дейінгі тереңдікте алынған. Бедер өзгерген: дөмпеюлер мен құламалар
21	127 (235)	Әскери ұңғыма, ұшы бұзылған, отырғызу жұлып алынған
22	128	Әскери ұңғыма, құлаған және жабылған, ұшы жоқ, топырақ астынан металл отырғызумен бетондалған ұңғыманың шеті әзер көрінеді

№ р/р	Нысан/ұңғыма нөмірі	Суреттеме
23	129(214)	Әскери ұңғыма, сұлбада ондай ұңғыма жоқ, 214 ұңғымасы бар, бірақ барлығы 129 деп маркіленген. Ұшы бұзылған, отырғызу 6 м дейін кесілген
24	130	Әскери ұңғыма, ұшы бұзылған, отырғызу 5 м дейінгі тереңдікте кесілген
25	131	Ұңғыманың телімі 100–150 м радиуста төбешік түрінде көтерілген, көтерілу биіктігі 1,5–2,5 м. Оңтүстік жақтан ұңғыманың сағасынан 40 м-де шұңқыр байқалады.
26	132	Әскери ұңғыма, ұшы бұзылған, отырғызу 6 м дейінгі тереңдікте алынған
27	133	Баяу толқын тәріздес бедер ұңғыма сағасының айналасында. Солтүстік жағынан шұңқырдың тереңдігі шамамен 0,5 метр және ұзындығы шамамен 80 метрдей
28	215	Әскери ұңғыма, ұшы бұзылған, ішкі отырғызу жұлынған. Дөмпеюлер мен кішкене шұңқырлар. Ұңғыма телімі төбе түрінде 100 м радиуста, көтерілу биіктігі 1,5-2,0 м
29	1003	Әскери нысан, шұңқыр $\varnothing$ 150 м, құлау биіктігі ~10 метр, координаттар шұңқырдың жиегінде солтүстік бөлікте алынған
30	2613	Әскери ұңғыма, ұшы бұзылған, отырғызу 5 м дейінгі тереңдікте алынған. Солтүстік жақтан бедердің толқынды дөмпеюі байқалады
31	2691	Әскери ұңғыма, ұшы бұзылған, отырғызу тереңдікте кесілген
32	2803	Әскери ұңғыма, ұшы бұзылған, отырғызу 8 м дейінгі тереңдікте алынған. Биіктігі шамамен 2,5 м, 100-120 м радиустағы кішкене төмпешік. Ұңғыма сағасының айналасында жер бетінің 150 метрге дейінгі радиуста дөмпею және құламалар бар
Тізбесіне кірмеген ұңғымалар [5]		
33	26/1	Диаметрі 2 м, Н~1,5 м шұңқыр, 26 ұңғымадан 30 м солтүстікке қарай
34	26/2	Диаметрі 1,5-2 м, Н~1,5 м шұңқыр, 26 ұңғымадан 20 м шығысқа қарай
35	61	Әскери ұңғыма, ұшы бұзылған, отырғызу 5-6 м дейінгі тереңдікте кесілген
36	283	Әскери ұңғыма, ұшы бұзылған, отырғызу кесілген
37	213	130В ұңғымасының жанында диаметрі 20 м және Н~5 м шұңқыр, жарылған ұңғыма болуы мүмкін

1 және 5- кестелер деректерінің талдауы көрсеткендей, жарылыс магнитудасы мөлшерінің қандай да бір көрінетіндейі жарылыстан соңғы құбылыстарға әсері жоқ десек (125, 105, 133 және 106 ұңғымалар), онда радиациялық әсерге қатысты (104, 106, 102, 109 ұңғымалар) заряд қуаты туралы да айтуға болады (102, 105, 106). Сонымен, «Сары-Өзен» алаңы ұңғымаларының сағаалды алаңдарында жарылыстан соңғы құбылыстар жарылыстар эпицентрларының орналасу телімдерінің геологиялық және тектоникалық құрылысының ерекшеліктеріне байланысты деп айтуға болады.

Көзбен шолу зерттеуінің нәтижелері бойынша анықталғаны, іс жүзінде барлық ұңғымаларда сағалары қазылған (қазу тереңдігі 3–6 м дейін), тек 128 ұңғымасының сағасы ғана кейбір жерлері жабылған және қазылған (6-сурет). «Сары-Өзен» телімінің 4 ұңғымасында: 1003, 101, 104 және 125 құлама шұңқырлар пайда болғаны анықталды. Кейбір нысандарда диаметрі үлкен ұңғымалардың тобы табылған (111, 107, 103, 110, 104).



6-Сурет. Ұңғымалардың қазіргі ахуалының мысалдары: а – 128 ұңғ. (жабылған, бір бөлігі қазылған); б – 106 ұңғ. (5–6 м тереңдікке дейін қазылған); в – 283 ұңғ. (басылып шыққан тізбесінде жоқ)

Суретте (7-сурет) ЖЯЖ жүргізу нәтижесінде пайда болған ұңғымалардың сағаалды алаңдарындағы шұңқырлардың фотосуреттері келтірілген.



а) 104 ұңғымасы



а) 1003 ұңғымасы



а) 101 ұңғымасы



а) 125 ұңғымасы

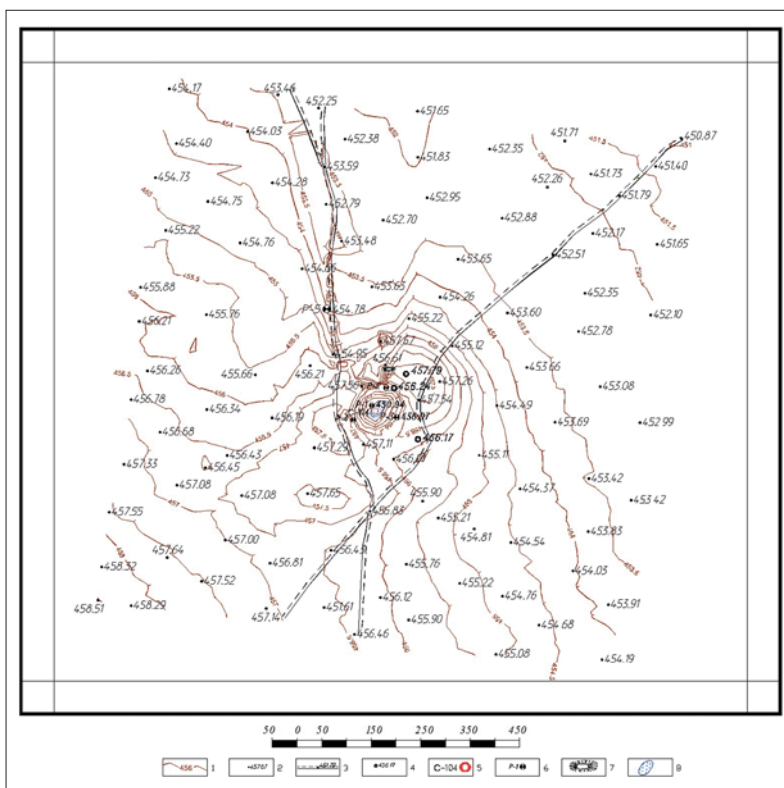
7-Сурет. Ұңғымалардың сағаалды алаңдарының фотосурет нәтижелері

Жарылыстан соңғы құбылыстарға келетін болсақ, онда атап өтетіні (1-кестені қараңыз), ядролық қондырғының сынағынан соң техногенді құбылыстар топырақтың дөмпеюі ретінде (108, 110, 2613 ұңғымалары, кішкене шұңқыр ретінде (105, 131, 133), құлама шұңқыр (104, 125), дөмпеюі және шұңқыры бар (104, 109, 126, 215, 2803) ретінде көрінеді.

Кейбір ұңғымаларда абсолюттік белгілердің мәндері өзгермеген немесе аз ғана болып қалды (102, 106, 127, 128, 129, 130, 132).

ССП металлолом жинаушылардың рұқсатсыз қызметінің нәтижесінде көптеген ұңғымалардың ұштарынан тек ұңғыманың бетон тығыны мен тереңдігі 10 м дейінгі шұңқырлар ғана қалған, бұл «әскери» ұңғымаларды табуды көп қиындатады.

3.2. Топографиялық жұмыстардың нәтижелері



1 - бедердің изосызығы, м; 2 - биіктік белгісі және оның мәні, м; 3 - жол; 4 - белгісіз нөмірі бар ұңғыма (сан – абсолюттік белгінің мәні); 5 - әскери ұңғыма және оның нөмірі; 6 - репер және оның нөмірі; 7- топырақ; 8 - шұңқырдағы судың деңгейі

8-Сурет. Ұңғыма 104. Сағаалды алаңдағы тахеометриялық түсірілімнің нәтижелері
(картаның масштабтан тыс көшірмесі масштабы 1:2000)

104 ұңғымасының сағаалды алаңындағы топографиялық жұмыстардың нәтижелері көрсеткендей (8-сурет), ұңғыма ауданындағы бедер оңтүстік-батыстан солтүстік-шығысқа қарай бедердің еңістеу қиясы бар жазық жер. Абсолюттік белгілер оңтүстік-

батыста 458,5 м-ден солтүстік-шығыста 450,9 м дейін өзгереді. Кейбір жерлерде біраз төбешіктер мен еңісті қиялар бар. Абсолюттік белгілердің құбылуы 1–7,6 м шектерде өзгереді. Телімнің ортасында диаметрі шамамен 103 м, тереңдігі 5,3 м эллипс тәріздес шұңқыр орналасқан. Шұңқырдың үлкен өзегі оңтүстік-батыстан солтүстік-шығысқа қарай бағытталған. Шұңқырдың ортасынан 85 м солтүстікке техногенді қызметке байланысты, өлшемі 12х23,5 м биіктігі 1,4 м топырақ үйілген. Шұңқыр суға толған.

104-ұңғымадағы жүргізілген дала жұмыстарының нәтижелері бойынша техногенді әсердің зардаптарына жатқызылған бедердің деформациялануы анықталды.

3.3. «Әскери» ұңғымалардың газдық тексеру нәтижелері

Газ қосындысының құрамын бастапқы зерттеу нәтижелері бойынша (6-кесте) ұңғымалардың сағалды телімдеріндегі атмосфералық және топырақ ауасындағы газдардың шоғырланулары анықталды.

6-Кесте.

Ұңғымалардың аландарындағы газдық зерттеу нәтижелері

№ ұңғыма	Іріктеп алу орны	Көміртек диоксиды, %	Көміртегі оксиды (II), %	Күкіртті сутек, %	Метан, %	Күкіртті ангидрид, %
101	а	0,005±0,001	д/ж	д/ж	д/ж	д/ж
	т	0,0060±0,0012	д/ж	д/ж	д/ж	д/ж
102	а	0,010±0,002	д/ж	д/ж	д/ж	д/ж
	т	0,160±0,032	д/ж	д/ж	0,20±0,04	д/ж
103	а	0,005±0,001	д/ж	д/ж	д/ж	д/ж
	т	0,0170±0,0034	д/ж	д/ж	0,20±0,04	д/ж
104	а	0,005±0,001	д/ж	д/ж	д/ж	д/ж
	т	0,0480±0,0096	д/ж	д/ж	0,15±0,03	д/ж
105	а	0,0030±0,0006	д/ж	д/ж	д/ж	д/ж
	т	0,0030±0,0006	д/ж	д/ж	д/ж	д/ж
106	а	0,0020±0,0004	д/ж	д/ж	д/ж	д/ж
	т	0,0030±0,0006	д/ж	д/ж	д/ж	д/ж
107	а	0,0030±0,0006	д/ж	д/ж	д/ж	д/ж
	т	0,005±0,001	д/ж	д/ж	0,10±0,02	д/ж
108	а	0,0030±0,0006	д/ж	д/ж	д/ж	д/ж
	т	0,005±0,001	д/ж	д/ж	д/ж	д/ж
109	а	0,005±0,001	д/ж	д/ж	д/ж	д/ж
	т	0,0060±0,0012	д/ж	д/ж	0,20±0,04	д/ж
110	а	0,0070±0,0014	д/ж	д/ж	н/д	д/ж
	т	0,180±0,036	д/ж	д/ж	0,15±0,03	д/ж
111	а	0,0020±0,0004	д/ж	д/ж	н/д	д/ж
	т	0,0130±0,0026	д/ж	д/ж	0,10±0,02	д/ж
125	а	0,0060±0,0012	д/ж	д/ж	д/ж	д/ж
	т	0,170±0,034	д/ж	д/ж	д/ж	$1,0 \cdot 10^{-4} \pm 2 \cdot 10^{-5}$
126	а	0,010±0,002	д/ж	д/ж	д/ж	д/ж
	т	0,0480±0,0096	д/ж	д/ж	0,20±0,04	д/ж

№ ұңғыма	Іріктеп алу орны	Көміртек диоксиды, %	Көміртегі оксиды (II), %	Күкіртті сутек, %	Метан, %	Күкіртті ангидрид, %
127	а	0,0030±0,0006	д/ж	д/ж	д/ж	д/ж
	т	0,0060±0,0012	д/ж	д/ж	0,10±0,02	д/ж
128	а	0,005±0,001	д/ж	д/ж	д/ж	д/ж
	т	0,0060±0,0012	д/ж	д/ж	0,10±0,02	д/ж
129	а	0,0040±0,0008	д/ж	д/ж	д/ж	д/ж
	т	0,0060±0,0012	д/ж	д/ж	0,20±0,04	д/ж
130	а	0,0040±0,0008	д/ж	д/ж	д/ж	д/ж
	т	0,0140±0,0028	д/ж	д/ж	д/ж	д/ж
131	а	0,0060±0,0012	д/ж	д/ж	д/ж	д/ж
	т	0,160±0,032	д/ж	д/ж	д/ж	д/ж
132	а	0,0040±0,0008	д/ж	д/ж	д/ж	д/ж
	т	0,0060±0,0012	д/ж	д/ж	д/ж	д/ж
133	а	0,10±0,02	д/ж	д/ж	д/ж	д/ж
	т	0,10±0,02	д/ж	д/ж	0,30±0,06	д/ж
215	а	0,0030±0,0006	д/ж	д/ж	д/ж	д/ж
	т	0,0060±0,0012	д/ж	д/ж	0,20±0,04	д/ж
1003	а	0,0030±0,0006	д/ж	д/ж	д/ж	д/ж
	т	0,0030±0,0006	д/ж	д/ж	0,10±0,02	д/ж
2613	а	0,0020±0,0004	д/ж	д/ж	д/ж	д/ж
	т	0,0360±0,0072	д/ж	д/ж	д/ж	д/ж
2691	а	0,0030±0,0006	д/ж	д/ж	д/ж	д/ж
	т	0,005±0,001	д/ж	д/ж	д/ж	д/ж
2803	а	0,005±0,001	д/ж	д/ж	д/ж	д/ж
	т	0,0460±0,0092	д/ж	д/ж	0,15±0,03	д/ж
«Новая» алаңы	а	0,0020±0,0004	д/ж	д/ж	д/ж	д/ж
	т	0,0020±0,0004	д/ж	д/ж	д/ж	д/ж
Бақылау нүктелері	т	0,0035±0,0015	д/ж	д/ж	д/ж	д/ж
Аялық мәндер	а	0,03 [16]	10^{-5} [16]	10^{-5} [16]	10^{-5} [16]	10^{-5} [16]
	т	0,03-0,883 [17]	$(1 \div 8) \cdot 10^{-6}$ [16]	$2 \cdot 10^{-7}$ [16]	$(1 \div 8) \cdot 10^{-7}$ [16]	$3 \cdot 10^{-7}$ [16]

Кестеде берілген деректерге сәйкес ұңғымалардың сағаалды алаңдары топырақ ауасындағы көміртегі диоксидының шоғырлану мәндері бақылау нүктелерінде алынған мәндерден асады. 133 ұңғыма маңайында атмосфералық ауада көміртегі диоксидының шоғырлануы – 0,1 % тіркелген, қалған ұңғымаларға қарағанда өте жоғары. Көміртегі диоксидының шоғырлануларының атмосферадағы орташа аялық мәні 0,03% құрайды.

102, 103, 104, 107, 109, 110, 111, 127, 128, 129, 133, 215, 1003, 2613 және 2803 ұңғымалардың топырақ ауасында 0,1-ден 0,3% дейін шоғырлануы бар метан табылған. Бақылау нүктелерінде топырақ ауасында метанның бары анықталған жоқ. Орташа аялық мәндер - $(1 \div 8) \cdot 10^{-7}$ % [12].

Сондай-ақ 125 ұңғымасын атауға болады, мұнда топырақ ауасында $1,0 \cdot 10^{-4}$ % шоғырлануы бар күкіртті ангидридтің бар екендігі анықталған. Бақылау нүктелерінде

күкіртті ангидридтің құрамы детектрлеу деңгейінен төмен орналасқан. Орташа аялық мәндер 125 ұңғымасындағыға қарағанда 1000 есе аз.

«Сары-Өзен» алаңы 102, 104, 107, 109, 110, 111, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 133, 215, 1003, 2613 және 2803 нысандарының топырақ ауасында метан, күкіртті ангидрид және көміртегі диоксидының жоғары мәндерінің бар екендігі тіркелген, бұл газдың жерасты көздерінің бар екендігін дәлелдейді, және болжам бойынша бұл көмір-текес жыныстардың процестері.

103 ұңғымасы жеке қызығушылық тудырады. Сағаалды алаңдағы топырақ ауасында метан мен көміртегі диоксидының жоғары шоғырлануы анықталған. Аталған нысанда жерасты ядролық сынақтардың жүргізілгендігі туралы мәліметтер жоқ. Бұлар тау жыныстары құрылымының бұзылуымен және жоғары температурамен ілескен химиялық сынақтар болуы мүмкін. «Сары-Өзен» алаңындағы геологиялық құрылыс пен гидрогеологиялық жағдайлар, жоғарыда айтылғандай, жоғары қуатты ядролық немесе химиялық жарылыс екендігіне байланысты емес, жерасты жану процестерінің пайда болуына әсер етеді.

«Сары-Өзен» алаңындағы топырақ ауасын алдын ала тексеру нәтижелерін 2008 жылы «Балапан» алаңында жүргізілген ұқсас зерттеулермен салыстыруға болады. «Сары-Өзен» алаңында топырақ ауасында көмірсутегі, көміртегі оксиды (II), сутегі және күкіртті сутегінің бар екендігі анықталған жоқ. «Балапан» алаңында көміртегі оксидының (II) жоғары шоғырлануы бар ұңғымалар саны – 14, шоғырланулар мәндерінің диапазоны 0,01-ден 0,003 % дейін. Тұтасымен алғанда, «Балапан» алаңындағы топырақ ауасында анықталған газдардың типтер саны көп. Алайда «Сары-Өзен» алаңында метан шоғырланулары «Балапан» алаңына қарағанда жоғары. «Сары-Өзен» алаңындағы зарядтың орналасу тереңдігі орта есеппен алғанда 250 м, ал «Балапан» алаңында шамамен 500 м құрайды. Газ пайда болу процестері жүретін облыстардың «Сары-Өзен» алаңының бетіне жақын орналасуы әбден мүмкін, бұл шоғырланулардың көлеміне және жер бетіне жететін газдардың санына әсер етуі мүмкін.

7-Кесте.

Газдық тексеру нәтижелерін салыстыру.

Кестеде аталған диапазондағы шоғырланулары бар ұңғымалар саны көрсетілген

Шоғырлану, %	«Балапан» ал.					«Сары-Өзен» ал.				
	H ₂	CH ₄	CO	SO ₂	H ₂ S	H ₂	CH ₄	CO	SO ₂	H ₂ S
0,2-0,4							6			
0,1-0,2							8			
0,02-0,1					1					
0,01-0,02	1		1							
0,003-0,01			2	1						
0,0001-0,003	10	7	11	8	1				1	
Детектрленуден төмен	95	99	92	97	104	24	10	0	23	0
Барлығы бақылау мәндерінің жоғарылауы бар ұңғымалар	11	7	14	9	2	0	14	0	1	0

Топырақ ауасы газдарының топырақтың түрінен, оның физикалық және биологиялық қасиеттерінен, химиялық құрамынан, жыл мезгілінен, ауа райы құбылыстарынан, сондай-ақ жерлерді пайдалануға байланысты екендігін ескеру қажет. Топырақтағы газдардың динамикасы маусымдық құбылуларға көп ұшыраған, өйткені жыл мезгілінің ауысуы температура мен ылғалдылықтың күрт өзгеруімен ілесіп жүреді [17].

Сонымен, топырақ ауасындағы газдардың шоғырлану мәндері табиғи факторлардың әсерінен көп өзгеруі мүмкін. Бұл «Балапан» алаңында жүргізілген газдық мониторинг деректерімен расталады. 2010 жылы «Балапан» алаңында метанның шоғырлануы 0,07-ден 1,97 % дейінгі диапозонда тіркелген [3]. Бұдан шығатыны, газ шығаратын ұңғымалардың санын, сондай-ақ газ бөліну масштабтары туралы деректерді алу үшін әр ұңғыма бойынша бірнеше рет өлшеулер жүргізуді талап етіледі.

ҚОРЫТЫНДЫ

Аталған алдын ала зерттеулер «Сары-Өзен» алаңының «әскери» ұңғымаларының орналасу орнын және координаттарын нақтылауға, сондай-ақ сынақтар жүргізілген деген белгілері бар бірқатар басқа да нысандарды анықтауға мүмкіндік береді. Ұңғымалардың жағдайына қысқаша суреттеме жүргізілді және 101, 104, 108, 109, 110, 111, 125, 126, 131, 133, 215, 1003, 2613 және 2803 ұңғымалардың сағаалды алаңдарындағы құлама жағдайлардың бар болу фактісі анықталды.

«Сары-Өзен» [3] алаңындағы газдық тексеру нәтижелері 102, 104, 110, 111, 125, 126, 130, 131, 133 және 2803 ұңғымалардың топырақ ауасында көміртегі диоксидінің шоғырлану мәндері бақылау нүктелеріндегіге қарағанда жоғары, 14 ұңғыманың топырақ ауасында (102, 104, 107, 109, 110, 111, 127, 128, 129, 133, 215, 1003, 2613 және 2803) метан, ал 125 ұңғымада – күкіртті ангидрид барын көрсетті. Ұңғыманың деректерін «газ шығарушыларға» жатқызу қажет. Алайда, бұрын жүргізілген зерттеулерге сәйкес [2] нақты бір кезеңдерде «газ шығаратын» ұңғымаларда газ бөлінулер байқалмайды немесе ол өте әлсіз көрінеді, және бұл мүмкін жағдай топырақ ауасының сынамаларын іріктеп алу уақытымен сәйкес келуі мүмкін, бұдан шығатыны, газ шығаратын ұңғымалардың көптеген санын, сондай-ақ барлық ұңғымалардағы көп шоғырланулар болуы мүмкіндігін анықтау үшін «Сары-Өзен» алаңының барлық «әскери» ұңғымаларына қайтадан зерттеу жүргізу қажет.

103 ұңғымасында ядролық сынақтар жүргізілген жоқ, алайда мұнда топырақ ауасында метан мен көміртегі диоксидінің жоғары шоғырлануы тіркелген. Мұнда химиялық жарылыстар немесе метан мен көміртегі диоксидінің жоғары шоғырлануы тіркелген солтүстік-батысқа қарай 950 м орналасқан 102 «әскери» ұңғымадан жерасты газдану процестерінің таралуы болған деп болжанады.

Бастапқы зерттеу деректеріне жүргізілген талдау нәтижелері «Балапан» алаңындағы «әскери» ұңғымалармен салыстырғанда тұтасымен алғанда, алаңдағы газ шығарудың аса жоғары деңгейлері туралы растайды, бұл зарядтың қойылу тереңдігіне тікелей байланысты болуы мүмкін, мұндай қойылу «Балапан» алаңына қарағанда «Сары-Өзен» алаңында орташа алғанда 250 метрге аз. Бірақ бұрын жүргізілген жұмыстардың нәтижелері көрсеткендей [2], топырақ ауасындағы газдардың шоғырла-

нуы көп өзгеруі мүмкін. Сонымен, қолда бар деректер түпкілікті қорытынды жасауға жеткіліксіз.

Газдану процесі жылу бөлінумен ілесе жүретіндіктен [2], бұл процестің жылу параметрлерін бағалау үшін газданудың ықтимал аудандарындағы жерасты сулары ағысындағы температура градиентіне зерттеу жүргізген дұрыс.

Сонымен, «Сары-Өзен» алаңында «әскери» ұңғымалардың эпицентрлық аймақтарында апатты сипаттағы құбылыстар болуы мүмкін, өйткені жерасты деструкция процестерінде жыныстардың жануы өз соңынан әлсізденген аймақтар мен жерасты бос қуыстарының пайда болуына әкеледі. Мұндай құбылыстар «Сары-Өзен» алаңының ауданында шаруашылық қызметін жүзеге асыратын кәсіпорындар үшін негізгі қауіп көзі ретінде беріледі. Сонымен қатар, «Сары-Өзен» алаңының ауданында ССП аумағының бөліктерін шаруашылық айналымға беру мақсатында кешенді зерттеулер жүргізілуде екенін атап өткен дұрыс. Аталған жағдайларда берілетін аумақтардың қауіпсіздігін толық бағалау үшін тау жыныстарының жерасты газдану процестеріне байланысты мүмкін зардаптарды болжау мақсатында жан-жақты зерттеулер жүргізу қажет. Геологиялық орта бұзылу процестері дамуының мүмкін сценарийін болжау және газдану процестерін үлгілеу үшін ЖЯЖ орталық аймақтарын қамтитын тау жыныстары блоктарындағы геодинамикалық құбылыстардың бар екендігі және динамикасы туралы шынайы деректер қажет. Алынған деректерді адамдар мен техниканың қауіпті аймақтарға баруын болдырмау жөніндегі шараларды әзірлеу негізіне, сондай-ақ «Сары-өзен» алаңының ауданында шаруашылық қызметін жүргізу бойынша ұсыныстардың негізіне алуға болады.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. Бұрынғы Семей Сынақ Полигонының қауіпсіздігін қамтамасыз ету 011 «Радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету» Республикалық Бюджеттік бағдарламасы: 26.06.2009 ж. № 17-2009 келісімшарт бойынша ҒЗЖ туралы есеп (ақпараттық)/ҚР ҰЯО РҚЭИ; басш. С.Н.Лукашенко – Курчатов: ҚР ҰЯО РҚЭИ, 2009. -164 б.
2. Субботин С. «Балапан» алаңындағы апаттық сипаттағы үрдістер ағысының мүмкіндігін бағалау/ С.Б.Субботин, С.Н.Лукашенко // Қазақстан радиоэкологиясының өзекті мәселелері [Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының 2007-2009 жж. еңбектер жинағы]. – 2-Шығарылым. – Павлодар: Баспа үйі, 2010. – Б.401-448 : ил. - Библиогр.: 6.54 - ISBN 978-601-7112-32-5.
3. Бұрынғы Семей Сынақ Полигонының қауіпсіздігін қамтамасыз ету 011 «Радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету» Республикалық Бюджеттік бағдарламасы: 19.02.2010 ж. № 4-20103 келісімшарт бойынша ҒЗЖ туралы есеп (ақпараттық)/ҚР ҰЯО РҚЭИ; басш. С.Н.Лукашенко – Курчатов: ҚР ҰЯО РҚЭИ, 2010. -128 б.
4. КСРО-дағы ядролық сынақтар [Мақсаттары. Жалпы сипаттамасы. Ядролық сынақтарды ұйымдастыру. Алғашқы ядролық сынақтар] / Ред. құрамы И.А. Андрюшин, В.В. Богдан, С.А. Зеленцев. - Т.1. – Саров: РФЯЦ – ВНИИЭФ.

5. Бочаров В.С.. Семей сынақ полигонындағы 96 жерасты ядролық сынақтардың сипаттамалары/ В.С. Бочаров, С.А. Зеленцов, В.Н. Михайлов // Атом энергиясы. – 1989. - Т. 67. 3- Шығарылым. – Б. 210 – 214.
6. Семей полигоны /В.А. Логачёв ред. – Мәскеу, 1997. – 344 б.
7. Израэль Ю.А.. Бейбіт ядролық жарылыстар және қоршаған орта / Ю. А. Израэль. - Л.: Гидрометеобасшылым, 1974. – 136 б.
8. Нифонтов Б. И. Жерасты ядролық жарылыстары / Б. И. Нифонтов [және т.б.]. - М.: Атомбаспасы, 1965.
9. Көмірден жасалған химиялық заттектер /И.В. Калечица ред. – М.: Химия, 1980.
10. Бұрынғы Семей Сынақ Полигонының қауіпсіздігін қамтамасыз ету 011 «Радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету» Республикалық Бюджеттік бағдарламасы: ҒЗЖ туралы есеп (ақпараттық)/ҚР ҰЯО ГЗИ; басш. Н.Н.Беляшова – Курчатова: ҚР ҰЯО ГЗИ, 2007.
11. Ғаламтор қоры, қол жетімді режим <http://www.sonicbomb.com/>.
12. Сенсис-200 газоанализаторы. Пайдалану жөніндегі нұсқамалық. ТУ 4215-001-73819788-07. - Мәскеу, 2008. -156.
13. АНК-АТ-7664М газоанализаторы. Пайдалану жөніндегі нұсқамалық. ИБЯЛ.413411.043 РЭ. – Смоленск: «Аналитаспап», 2009. – 58б.
14. Газ сынағасын іріктеп алу және сақтауға арналған аспап: Техникалық сипаттамасы. - В/О: Машаспап, 1979. - 4.
15. Бұрынғы Семей Сынақ Полигонының қауіпсіздігін қамтамасыз ету 011 «Радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету» Республикалық Бюджеттік бағдарламасы: ҒЗЖ туралы есеп (ақпараттық)/ҚР ҰЯО ГЗИ; басш. Н.Н.Беляшова – Курчатова: ҚР ҰЯО ГЗИ, 2009.-75 б.
16. Геохимия бойынша анықтамалық /Г.В.Войткевич, А.В. Кокин, А.Е. Мирошников, В.Г. Прохоров. – М.: Недра, 1990.-480 б.: ил.
17. Ғаламтор қоры, қол жетімді режим <http://www.zoodrug.ru/topic3531.html>

РЕЗУЛЬТАТЫ РЕКОГНОСЦИРОВОЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ГАЗОВЫДЕЛЕНИЙ У ПЛОЩАДКИ «САРЫ-УЗЕНЬ»

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

**¹Институт Радиационной Безопасности и Экологии НЯЦ РК,
Курчатова, Казахстан**

²Институт Атомной Энергии НЯЦ РК, Курчатова, Казахстан

В статье представлены результаты исследования последствий подземных ядерных взрывов (ПЯВ), проявленных в виде процессов подземной газификации горных пород, а также просадочных явлений на испытательной площадке «Сары-Узень» бывшего СИП. Рекогносцировочные работы позволили уточнить местонахождение «боевых» скважин, а также выявить 5 объектов с признаками проведения испытаний. В ходе работ проведено описание текущего состояния скважин, а также наличия поствзрывных явлений, которые проявлены в виде вспу-

чиваний, провалов и других деформаций дневной поверхности. На площадке «Сары-Узень» на всех скважинах выявлены повышенные концентрации диоксида углерода и на 14 скважинах повышенные концентрации метана. Установлено, что на некоторых скважинах концентрация метана существенно больше, чем на площадке «Балапан», что возможно связано с глубиной заложения зарядов при проведении ПЯВ. На скважине 103 ПЯВ не проводились, однако в почвенном воздухе на приустьевой площадке скважины зафиксированы повышенные концентрации метана и диоксида углерода. В статье приводятся рекомендации относительно дальнейшего изучения процессов газификации на площадке «Сары-Узень».

Ключевые слова: Семипалатинский испытательный полигон, ядерные испытания, «Сары-Узень», почвенный воздух, провальные явления, топографические работы, геоморфологический мониторинг, метан, подземная газификация, газовыделение.

RESULTS OF RECONNAISSANCE SURVEY OF GAS RELEASE AT "SARY-UZEN" SITE

¹V.V. Romanenko, ¹S.N. Lukashenko, ¹S.B. Subbotin, ²L.V. Chernova

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

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

The paper presents the results of studies on the effects of underground nuclear explosions (UNEs), manifested in underground gasification processes of mountain rocks and subsidence effects at "Sary-Uzen" site of the former STS. Reconnaissance operations allowed to specify the location of the "warfare" boreholes, and to identify the 5 sites with evidence of testing. In the course of the work there were described the current state of the boreholes and as well as presence of post-explosion phenomena which are manifested in swelling, collapses and other deformations of the surface. At "Sary-Uzen" site all the boreholes have elevated levels of carbon dioxide and 14 boreholes have elevated concentrations of methane. We found that at some of the boreholes the concentrations of methane is much greater than at "Balapan" site, which is possible due to the depth of the charges placed during UNEs. No UNEs were carried out at 103 boreholes, but elevated concentrations of methane and carbon dioxide were recorded in the soil air in the mouth area of the boreholes. The paper makes recommendations for further study of gasification processes at "Sary-Uzen" site.

Keywords: Semipalatinsk Test Site, nuclear testing, "Sary-Uzen", soil air, collapse phenomena, topographical works, geomorphological monitoring, methane, underground gasification, gas release.

УДК 622.278: 577.4:504.064

«БАЛАПАН» АЛАҢЫНДАҒЫ ГАЗ ШЫҒАРУДЫҢ СИПАТЫН ЗЕРТТЕУ**¹Романенко В.В., ¹Субботин С.Б., ¹Лукашенко С.Н., ²Чернова Л.В.****¹ҚР ҰЯО Радиациялық қауіпсіздік және экология институты,
Курчатов, Қазақстан****²ҚР ҰЯО Атом энергиясы институты, Курчатов, Қазақстан**

Мақалада 2010 жылы алынған «Балапан» алаңындағы жерасты ядролық жарылыстардың (ЖЯЖ) эпицентр аймақтарындағы газ шығару процестерінің нәтижелері ұсынылған. Газ мониторинг нәтижелері «қатерлі» ұңғымалардағы газ шығару процесінің көп жағдайда жеке сипатқа ие екендігін көрсетті. Бақылау кезеңінің ағымында бір ғана нүктедегі газдардың шоғырлануы 4 еселіккөлемге дейінгі аралықта өзгеруі мүмкін. Сутегі мен метан шоғырлануының мониторингі «газ шығаратын» ұңғымалардың мониторингінің аса дәлме-дәл әдісі болып табылады. Құбыр артындағы кеңістік бойынша шығатын газдар мониторингі газ пайда болу процестерінің өзін – «алғашқы» факторлар кешенін өте шынайы бейнелейді. Алаңдық газдық зерттеу нәтижелері бойынша бірқатар ұңғымалар сағаалды алаңдардағы газдық ауытқулардың шекаралары 350 метрден көп арақашықтықта орналасуы мүмкін екендігі анықталды. ЖЯЖ жүргізу орындарындағы газ шығару процестерін ары қарайғы зерттеу үшін ұсыныстар келтірілген.

Түйін сөздер: Семей сынақ полигоны, көмірқышқыл диоксиды, метан, күкіртті сутек, аялық шоғырланулар, жерасты газдану, газ шығару, алаңдық газдық түсіру, газ шығару мониторингі, түзету.

КІРІСПЕ

«Әскери» ұңғымалар орналасқан аудандардағы жыныстардың газдану процестерін жан-жақты зерттеу 2007 жылы басталды. Бұрын жүргізілген зерттеулер «Балапан» алаңындағы анықталған «қатерлі» ұңғымалар орналасқан жерлердегі тау жыныстарының газдану процестері жалғасуда екендігін және салыстырмалы тұрақты сипатқа ие екендігін көрсетті.

ССП ЖЯЖ жүргізілген жерлердегі тау жыныстарының газдану процестері апатты сипаттағы құбылыстардың болжамды пайда болуына байланысты тиімді мониторинг ұйымдастыру бойынша, сондай-ақ тау жыныстарының құрамы мен массивтің құрылымдық тектоникалық ерекшеліктеріне байланысты олардың дамуының кеңістіктік-уақыттық сипатын бағалауға байланысты болжамдық мәселелерді шешу үшін зерттеулерді жалғастыру қажет болды [1].

«Қатерлі» ұңғымалардағы телімдерде күндізгі жер бетіне түсетін ауадағы газдардың құрамы мен шоғырлануы мониторингінің негізгі мақсатында 2010 жылы топырақ ауасындағы газдардың бірқатарының шоғырлануының динамикасын зерттеу жүргізілген болатын.

Зерттеу жұмысының басқа бөлімі газ мониторингінің тиімділігін жақсартуға бағытталған. Газ бөліну процестерінің динамикасына өте көп факторлар әсер етеді, бірақ оларды шартты түрде екі топқа бөлуге болады. Біріншіден, газ пайда болуы газдың құрамы мен оның шоғырлануын анықтайтын химиялық процестердің

нәтижесінде жүзеге асады. Мұндай процестер шартты түрде басында газ шығару сипаты қалыптасатын «бастапқы» факторға жатқызылады. Пайда болған газ ағындары газ өткізбейтін аймақтар бойынша тау жыныстарының қалыңдығынан өтеді, ал сосын топырақ ауасына енеді. Тау жыныстарының физика-химиялық қасиеттері қалай болғанымен, газ ағынының құрамы мен өту жылдамдығына әсер етеді, ал климаттық факторлар топырақ ауасына еніп үлгерген газдарға әсер етеді. Мұндай кешенді әсерді шартты түрде «екінші» фактор деп атауға болады. Бұдан шығатыны, газ мониторингі тиімділігін жоғарылату деп әзірleme, газ шығару динамикасын қате көрсететін «екінші» факторлардың әсері максималды төмен болатын газ мониторингі әдістерін пайдалануды атайды.

Бұрын жүргізілген жұмыстардың нәтижесінде 1010 ұңғымасында газ шығару жүретін ұңғыма ұшы сақталғандығы анықталды. Үлкен тереңдікте пайда бола тұрып, газдар іс жүзінде борпылдақ шөгінділерін қоса алғандағы тау жыныстарының қабынның жанынан өтіп, ұңғыманың құбыр артындағы кеңістігі арқылы жүреді. Сонымен, газдардың бұл ағындарына іс жүзінде жоғарыда суреттелген «екінші» фактор әсер етпейді, және бұл ағынның параметрлері тереңдікте жүретін процестерді өте жақын көрсетеді. Ұңғыманың ұшы бөлініп шығатын газдардың құрамы мен шоғырлануының мониторингі «екінші» фактордың өте аз әсері бар газ шығару процесінің динамикасы туралы деректер алуға мүмкіндік береді.

Зерттеулер барысында газ мониторингінің тиімділігі туралы мәліметтер алу үшін ұңғымаға жақын екі нүктеде әр алаңда топырақ ауасы сынамаларын іріктеп алу жүргізу шешімі қабылданды. Бір ұңғымадағы екі нүкте арасындағы газ шығарудың ұқсас сипаты анықталған жағдайда «екінші» фактордың газ шығаруға әсерінің аз дәрежесі туралы және, сәйкесінше, мониторинг үшін сынамаларды іріктеп алу нүктелерінің санын әр ұңғымадағы біреуге дейін қысқарту туралы айтуға болады.

Жоғарыда айтылғандай, газдардың пайда болуы тереңдікте жүзеге асады. Газ пайда болу ошақтары - «бастапқы» фактор нақты бір алаңы бар газ ағындарын қалыптастырады. Бұл газ ағындары өтетін тау жыныстарының қалыңдығы біртекті болуы мүмкін емес және олардың газ сіңіргіштігі әр түрлі. Яғни, газдардың күндізгі жер бетіне өтуі ағынның алғашқы алаңының өзгеруі және ыдырауымен қоса жүреді. Қатерлі ұңғымалардың сағаалды телімдеріндегі газ өтетін аймақтардың орналасуын анықтау үшін алаңдық газ түсіруді жүргізу қажет. Зерттеулер нәтижесі газ шығару аймақтарының таралу масштабы туралы деректер алуға және газдар эманациясы телімдерінің орналасу ерекшеліктерін анықтауға мүмкіндік береді.

1. ТӘЖІРИБЕЛІК БӨЛІМ

Топырақ ауасындағы газдар динамикасын бағалау үшін, сондай-ақ «екінші» фактордың газ шығару процесіне әсерін бағалау үшін 1010, 1355, 1053, 1317, 1236, 1315 «Глубокая» және 1361 «қатерлі» ұңғымалардың сағаалды телімдеріндегі топырақ ауасының сынамаларына зерттеу жүргізілді. Әр ұңғымадағы топырақ ауасы сынамаларын іріктеп алу ай сайын, екі нүктеде мамырдан қыркүйекке дейін жүргізілді. 1010 ұңғымасында іріктеп алудың екінші нүктесі ретінде ұңғыманың ұшы пайдаланылады.

Газдар шоғырлануының таралуының алаңдық сипатын зерттеу үшін топырақ ауасы сынамасын 500 метрден 500 метрге торшасы бойынша 1317, 1315, 1053, «Глубо-

кая», 1236, 1361 және 1355 «қатерлі» ұңғымалардың сағаалды телімдерінде бір реттік іріктеп алуы жүргізілді. Іріктеп алынған сынамаларда метан мен көмірқышқыл диоксидының бар болуына газдық талдау жүргізілді. Бұл газ мониторингінің деректері бойынша аса жиі кездесетін ретінде таңдап алынды [1].

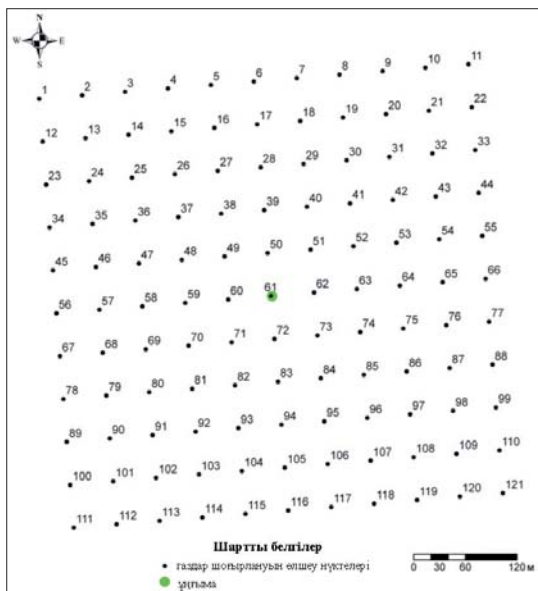
1.1. Газ мониторингі

Топырақ ауасы сынамаларын іріктеп алу үшін екі нүктеде (1010 ұңғымада, нүктелердің біреуі тікелей ұңғыма ұшында орналасқан) орналасқан жинақтау ыдыстары (ауа сынамаларын іріктеп алуға арналған патрубкармен қамтамасыздандырылған көлемі 10 л полиэтилен канистралар) пайдаланылды. Нүктелер арасындағы арақашықтық – 3 метрдей. Жинақтау ыдыстарын орнату нүктелерін таңдап алу кезінде техногенді пайда болған бедер формаларының бұзылуы (сызаттар, құлаған шұңқырлар және т.б.) бар, ұңғыманың сағасынан 6 метрден алыс емес жерлер басым деп саналды. Сынамаларды іріктеп алу нүктелерінің алғашқы бекітілген орналасуы мониторинг барысында өзгерген жоқ. Ыдысты 5–7 см тереңдікке салу және оның қабырғасына тиетін топырақты тығыздау арқылы герметиктілікке қол жеткізілді. Жинақтау ыдыстарының тұру ұзақтығы бір тәуліктен аз емес уақытты құрады. Бір тәулік өткен соң жинақтау ыдысынан ППГ газ сынамаларын іріктеп алу және сақтау құралының көмегімен газ қосындысының сынамаларын іріктеп алу жүзеге асырылды. Жинақтау ыдысын орнатудың ұзақтығы [1] суреттелген әдістемесіне сәйкес. Топырақ ауасы сынамаларын тасымалдау, сақтау үшін шыны аспиратор пайдаланылды. Бұл құралдың әрекет принципі теңестіретін ыдыстың [3] көмегі арқылы газды сумен ығыстырып шығаруға негізделген. Іріктеп алынған сынамаларда келесі газдардың: сутегі, метан, көмірқышқыл оксиды, күкіртті ангидрид, күкіртті сутегі, көмірқышқыл диоксиды, көміртектердің сомасы – шоғырлануын анықтау бойынша талдау жүргізілді [4].

Топырақ ауасындағы газдардың шоғырлануының аялық мәндерін алу үшін сағаалды алаңдарынан көп алыстаған (500 метрден аз емес арақашықтықта) нүктелерде жинақтау ыдыстарын орнату жүргізілді. Сынамаларды іріктеп алу және талдау жоғарыда суреттелген әдіске ұқсас жүргізілді.

Газдың жағдайын бағалау үшін «әскери» ұңғымалар орналасқан нүктелерде атмосфералық ауадағы газдардың шоғырлануына өлшеу тікелей газоанализатормен күндізгі жер бетінің үстіндешамамен 2 метр деңгейінде жүргізілді.

Мониторинг 11 мамырдан 8 қыркүйекке дейінгі кезеңде жүргізілді. Сынамаларды іріктеп алудың әрқайсысының ұзақтығы шамамен 2 аптадан, барлығы 5 кезеңде жүргізілді. Әр кезеңнің ортаңғы күндері іріктеп алу кезеңдері арасындағы уақытты есептеу үшін негізгі күндер болып табылды. Мысалы, мониторинг ұзақтығы мониторингтің бірінші кезеңінің ортасында орналасқан күн мен соңғы кезең ортасының күні арасындағы күндерді есептеу арқылы анықталды. Сонымен, мониторинг ұзақтығы 114 күнді құрады.



1-Сурет. Газ сынамаларын іріктеп алу сұлбасы

1.1. Алаңдық газдық түсіру

Газдардың тау жыныстарының блоктарын күндізгі жер бетіне түсу ерекшеліктерін нақтылау үшін, ұңғымалардың сағалды телімдерінде топырақ ауасы сынамаларын 50 метрлік қадаммен торша бойынша іріктеп алу жүргізілді. Әр ұңғымадағы газдық түсірумен камтылған алаң 500*500 м құрады (1-сурет). Топырақ ауасы сынамаларын іріктеп алу сондай-ақ кемінде бір тәулік тұрған, көлемі 10 л жинақтаушы ыдыстың көмегімен жүргізілді. Алынған сынамаларында метан (CH_4) мен көмірқышқыл диоксидының (CO_2) шоғырлануының өзгеруіне өлшеу жүргізілді. Әр ұңғымада сынамаларды іріктеп алудың жалпы ұзақтығы 6 күннен 10 күнге дейін құрады (күніне 20–12 нүкте).

2. ЖҰМЫСТАРДЫҢ НӘТИЖЕЛЕРІ

2.1. Газ мониторингі

Жүргізілген жұмыстар нәтижесінде «қатерлі» ұңғымалардағы газ бөліну динамикасы туралы деректер, сондай-ақ деректерді бағалау үшін бақылау нүктелеріндегі газдардың шоғырлануының аялық деңгейлері алынды.

2.1.1. Аялық деңгейлер

Газдық өлшеулер нәтижелері бойынша бақылау нүктелерінде газдардың шоғырлануының аялық мәндері алынды (1-кесте). Бақылау нүктелері «әскери» ұңғымалардан 0,5-тен 37,5 км дейінгі арақашықтықта орналасқан. 0,5-тен 0,24 км дейінгі шектердегі то-

пырақ ауасындағы көмірқышқыл диоксидының шоғырлануы арақашықтыққа тәуелді емес және $0,0033 \text{ моль/м}^3$ құрады. Сутегі, метан, көмірқышқыл оксиды, күкіртті сутегі мен күкіртті ангидридтің шоғырланулары бұл нүктеде детектрлендірудің деңгейінен төмен жатыр.

«Әскери» ұңғымалардан 37,5 км алыста орналасқан нүктелерде көмірқышқыл диоксидының шоғырлануы $0,0012 \text{ моль/м}^3$ кем болды, сутегінің орташа шоғырлануы $0,018 \text{ моль/м}^3$ құрады. Метан, көмірқышқыл оксиды, күкіртті сутегі мен күкіртті ангидридтің шоғырланулары бұл нүктеде детектрлендірудің мәндерінен төмен болды. Жақын «әскери» ұңғымадан 40 метрдей арақашықтықта тау жыныстарының ЖЯЖ жүргізу нәтижесіндегі газдану процесі жүруі мүмкін болмағандықтан, топырақ ауасындағы көмірқышқыл диоксидының шоғырлануының аялық деңгейі ретінде $0,0012 \text{ моль/м}^3$, ал сутегі үшін $0,018 \text{ моль/м}^3$ таңдап алынды.

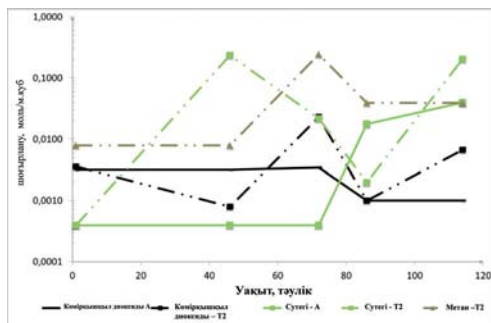
1-Кесте.

Бақылау нүктелерінде алынған газдардың аялық шоғырлануы, моль/м³

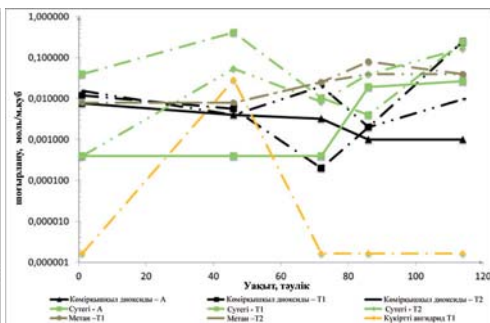
Бақылау нүктесінің №	Газдардың аялық шоғырланулары						Жақын «әскери» ұңғыманың №	Жақын «әскери» ұңғымаға дейінгі арақашықтық, км
	CO ₂	H ₂	CH ₄	CO	H ₂ S	SO ₂		
1	0,0020	д/т	д/т	д/т	д/т	д/т	1312	0,5
2	0,0036	д/т	д/т	д/т	д/т	д/т	1222	0,6
3	0,0032	д/т	д/т	д/т	д/т	д/т	1222	0,6
4	0,0036	д/т	д/т	д/т	д/т	д/т	1066	0,7
5	0,0036	д/т	д/т	д/т	д/т	д/т	1066	0,7
6	0,0040	д/т	д/т	д/т	д/т	д/т	1061	0,8
7	0,0040	д/т	д/т	д/т	д/т	д/т	1061	0,8
8	0,0020	д/т	д/т	д/т	д/т	д/т	1053	0,8
9	0,0044	д/т	д/т	д/т	д/т	д/т	1206	0,9
10	0,0036	д/т	д/т	д/т	д/т	д/т	1205	0,9
11	0,0040	д/т	д/т	д/т	д/т	д/т	1206	0,9
12	0,0032	д/т	д/т	д/т	д/т	д/т	1206	0,9
13	0,0036	д/т	д/т	д/т	д/т	д/т	1314	1,0
14	0,0024	д/т	д/т	д/т	д/т	д/т	1355	1,2
15	0,0020	д/т	д/т	д/т	д/т	д/т	1054	2,4
16	0,0036	д/т	д/т	д/т	д/т	д/т	1054	2,4
17	<0,0012	0,013	д/т	д/т	д/т	д/т	1006	37,5
18	<0,0012	д/т	д/т	д/т	д/т	д/т	1006	37,5
19	<0,0012	0,018	д/т	д/т	д/т	д/т	1006	37,5
20	<0,0012	0,019	д/т	д/т	д/т	д/т	1006	37,5
21	<0,0012	д/т	д/т	д/т	д/т	д/т	1006	37,5
22	<0,0012	д/т	д/т	д/т	д/т	д/т	1006	37,5
23	<0,0012	0,016	д/т	д/т	д/т	д/т	1006	37,5
24	<0,0012	0,023	д/т	д/т	д/т	д/т	1006	37,5
МДШ	0,0012	0,00039	0,0079	0,000073	0,0000014	0,0000016		
Ескерту: д/т – детектрлендіру деңгейінен төмен МДШ – минималды-детектрленетін шоғырлану								

2.1.2. Топырақ пен атмосфера ауасындағы газдардың шоғырлануының динамикасы

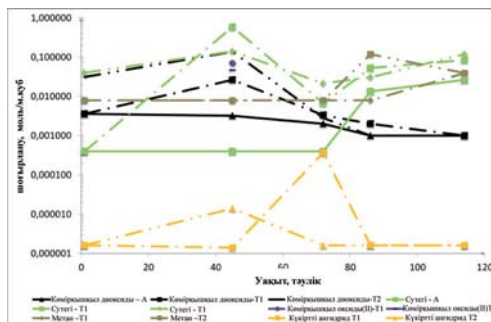
Газ мониторингiнiң нәтижелерi 2–3-суреттерде ұсынылған. Газ шоғырлануларының мәндерi детектрлендiру деңгейлерiнен аспаған жағдайда, сондай деректердi кестелерде көрсету үшiн аспаптың минималды детектрлендiрудiң шоғырлану мәнi пайдаланылды.



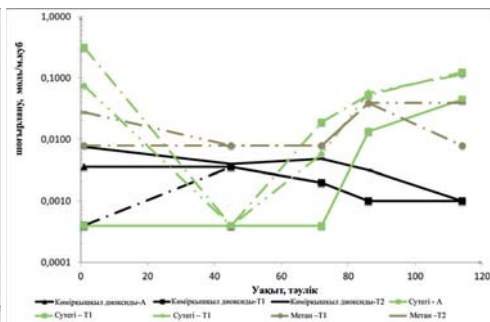
а) 1010



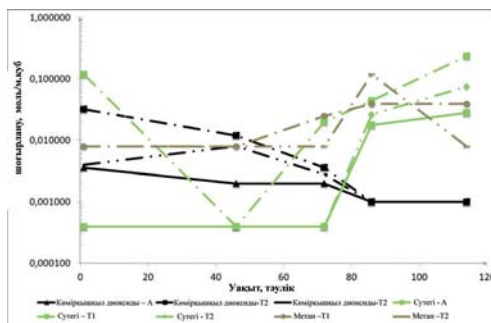
а) 1315



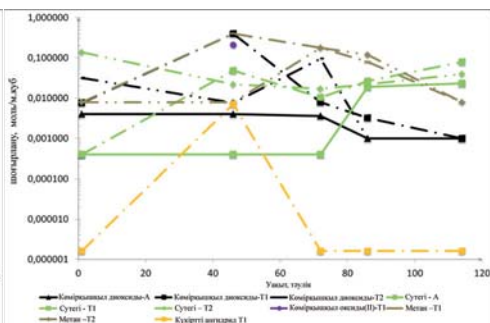
а) 1317



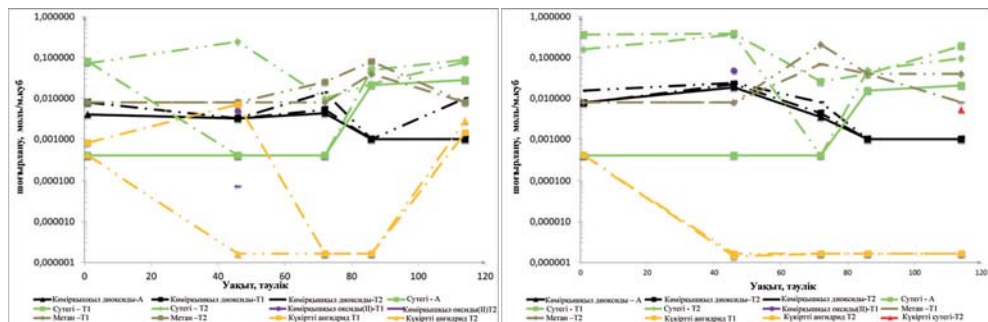
а) 1355



а) 1053



а) 1236



а) 1361

а) «Глубокая»

2-Сурет. Газ мониторингының нәтижелері (тұтас сызық – атмосфералық ауа; бір нүктесі бар үзік штрих – Т1; екі нүктесі бар үзік штрих – Т2)
а) 1010 ұңғыма; б) 1315 ұңғыма; в) 1317 ұңғыма; г) 1355 ұңғыма;
д) 1053 ұңғыма; е) 1236 ұңғыма; ж) 1361 ұңғыма; з) «Глубокая»

Барлық ұңғымалар үшін топырақ ауасының сынамаларында көмірқышқыл диоксиды, сутегі мен метанның бар болуы тән. Атмосфералық ауада көмірқышқыл диоксиды мен сутегінің детектрлендірілген шоғырлануы бар.

Көміртек диоксиды

Топырақ ауасындағы көмірқышқыл диоксидының құрамы $<0,0012$ -ден $0,4$ моль/ m^3 дейінгі шектерде болды. Топырақ ауасындағы көмірқышқыл диоксидының максималды шоғырлануы 1236 ұңғымада маусымда табылды және $0,4$ моль/ m^3 құрады. Әр ұңғымадағы көмірқышқыл диоксидының шоғырлану динамикасы әр түрлі және жалпы сипаты қарастырылмайды.

Топырақ ауасындағы көмірқышқыл диоксидының максималды шоғырлануы $<0,0012$ -тен $0,018$ моль/ m^3 дейінгі аралықта өзгерді. Максималды мән маусымда «Глубокая» ұңғымасында тіркелді. 1355, 1317, 1236, «Глубокая», 1361 және 1053 ұңғымаларында топырақ ауасындағы көмірқышқыл диоксиды шоғырлануы өзгеруінің қисық сызығы кейбір бөліктер деоның топырақ ауасындағы шоғырлануы өзгеруінің қисық сызығына сәйкес келеді. Ұңғымалардың топырақ ауасындағы көмірқышқыл диоксиды шоғырлануының құрамы мамырда ұңғымалардың көбінде максималды. Мамырдан маусымға дейін шоғырланудың төмендеуі байқалады, ары қарай аз ғана өзгереді. Тамыздан қыркүйекке дейін өзгерістер болмайды, көмірқышқыл диоксиды шоғырлануы кемінде $0,0012$ моль/ m^3 деңгейде сақталады.

Сутегі

Топырақ ауасындағы сутегінің шоғырлануы $<0,0004$ -тен (анықтау шегі) $0,58$ моль/ m^3 дейінгі аралықта тіркелді. Топырақ ауасындағы сутегінің максималды шоғырлануы 1317 ұңғымасының сағалды алаңында маусымда байқалды. Тамыздан қыркүйекке дейін ұңғымалардың барлығы үшін сутегі шоғырлануының жоғарылауы тән.

Зерттеліп жатқан кезең ішінде бақыланатын ұңғымалардың топырақ ауасындағы сутегінің шоғырлануы $<0,0004$ -тен $0,045$ моль/ m^3 дейін құбылады. Максималды мән 1355 ұңғымасында байқалады. Топырақ ауасындағы сутегінің шоғырлануы бақыланатын ұңғымаларда мамырдан шілдеге дейін $<0,0004$ моль/ m^3 құрады. Шілдеден тамызға дейін сутегінің шоғырлануы $0,021$ -ден $0,045$ моль/ m^3 дейінгі мәндерге дейін жоғарылайды.

Метан

Топырақ ауасындағы метанның шоғырлануы бақыланатын ұңғымаларда $<0,0079$ -дан (анықтау шегі) $0,39 \text{ моль/м}^3$ дейінгі аралықта тіркелді. Максималды шоғырлану 1236 ұңғымасында маусымда байқалды. Ұңғымалардың топырақ ауасындағы метанның шоғырлануы шілдеде және тамызда байқалады. Көптеген ұңғымалар үшін топырақ ауасындағы метанның шоғырлануы жаздың екінші жартысында және шілде мен тамызда жоғарылайды. Атмосфералық ауадағы метанның үлкен шоғырлануы анықталған жоқ.

Көмірқышқыл оксиды

Көмірқышқыл оксидының (II) топырақ ауасында бар болуы тек маусымда «Глубокая», 1361, 1236 және 1317 ұңғымаларында $0,0047$ -ден $0,21 \text{ моль/м}^3$ дейінгі мәндер аралығында байқалады. Топырақ ауасындағы көмірқышқыл оксидының максималды шоғырлануы 1236 ұңғымасында тіркелді. Атмосфералық ауадағы көмірқышқыл оксидының үлкен шоғырлануы анықталған жоқ.

Күкіртті ангидрид

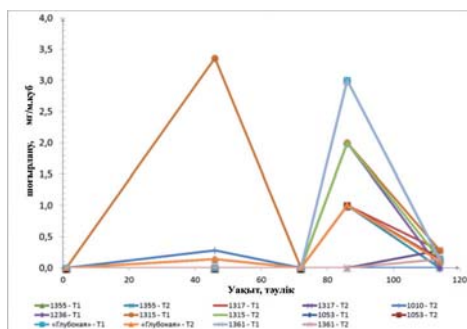
Күкіртті ангидридтің топырақ ауасында бар болуы 1315, 1317, 1236, 1361 және «Глубокая» ұңғымаларында $<0,0000016$ -дан (анықтау шегі) $0,028 \text{ моль/м}^3$ дейінгі аралықта байқалады. Күкіртті ангидрид зерттелген ұңғымалардың топырақ ауасында кезеңдермен пайда болады. Мамырдан маусымға дейін шоғырлану 1361 ұңғымасында жоғарылайды және «Глубокая» ұңғымасында азаяды.

Күкіртті сутегі

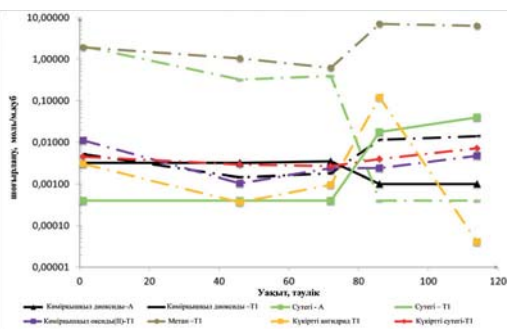
Күкіртті сутегі тек бірлеген жағдайларда – «Глубокая» ұңғымасында және 1010 ұңғымасының құбыр артындағы кеңістікте анықталды. «Глубокая» ұңғымасындағы күкіртті сутегінің шоғырлануы $0,0052 \text{ моль/м}^3$ құрады. Атмосфералық ауадағы күкіртті сутегінің үлкен шоғырлануы анықталған жоқ.

Көміртекті сутегі

Тұтасымен алғанда әр ұңғымада топырақ ауасындағы сынамаларда сол кезде немесе басқа уақытта көміртекті сутегі тіркелді (3-сурет). Максималды мәні 1315 ұңғымасында маусымда тіркелді. Мамырда көміртекті сутегінің бар болуы анықталған жоқ. Көміртекті сутегінің пайда болуы маусымда байқалады, максималды бөлінуі 3 мг/м^3 дейінгі шоғырлануымен тамызға келеді. 1317 және «Глубокая» ұңғымаларында көміртегі сутегінің саны шілдеден тамызға дейін жоғарылайды және тамыздан қыркүйекке дейін төмендейді.



3-Сурет. Топырақ ауасындағы көміртекті сутегі шоғырлануының өзгеру сипаты

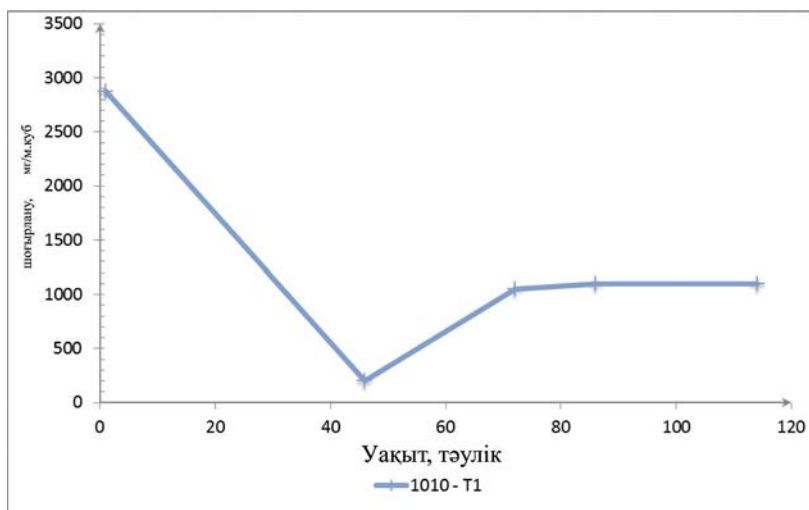


4-Сурет. 1010 ұңғымасының ұшынан бөлінетін газды талдау нәтижелері (тұтас сызық – атмосфералық ауа; бір нүктесі бар үзік штрих – T1)

2.1.3. 1010 ұңғымасының құбыр артындағы кеңістіктен газдың шоғырлану динамикасын зерттеу

1010 ұңғымасының ұшында газ бөліну сипаты 4-суретте берілген.

Шілдеден тамызға дейін метан шоғырлануының 0,6-дан 7,1 моль/м³ дейінгі секіртпелі ұлғаюы байқалады, мұндай құбылыс 1053, 1361 және 1315 ұңғымаларда байқалады. Тамыздан қыркүйекке дейін топырақ ауасындағы метанның шоғырлануы 6,33 моль/м³ мәнге дейін төмендейді. 0,001-ден 0,011 моль/м³ дейінгі аралықта көмірқышқыл оксиды (II) шоғырлануының өзгеруі жүреді. Мамырдан шілдеге дейін өзгеруі көмірқышқыл диоксиды мен күкіртті сутегі сияқты газдармен бақыланатын сутегінің бар болуы тіркелді.



5-Сурет. Көміртекті сутегі шоғырлануының өзгеру нәтижелері

Көміртекті сутегі шоғырлануының мәнінің максимумы мамырда, $2,9 \cdot 10^3$ -нан 200 мг/м³ дейінгі шектерде өзгереді (5-сурет). Мамырдан маусымға дейін шоғырланудың 2671 мг/м³-қа күрт азаюы байқалады. Тамыздан қыркүйекке дейін топырақ ауасындағы күкіртті сутегінің құрамы 1100 мг/м³ белгісінде тұрақты.

Тұтасымен алғанда газ мониторингі нәтижелері бойынша ұңғымалардың топырақ ауасындағы көмірқышқыл диоксидының, күкіртті ангидрид пен сутегінің шоғырлануы үш есеге, метан мен көмірқышқыл оксидының шоғырлануы екі есеге, ал күкіртті ангидридтің шоғырлануы төрт есеге өзгергенін атап өтуге болады. Шоғырланудың мұндай өзгеруі дүркіндік шығарындыға ұқсас, бұл кезде 1010 ұңғымасы ұшындағы газдардың шоғырлану динамикасы аса тұрақты. Сонымен, «газданған» ұңғымалардағы сағаалды алаңдары облысында тау жыныстарының газ жиналатын қалыңдығында өзіндік аралық буферлік аймақтың бар екендігі туралы болжам айтуға болады. Болжам бойынша, олардағы газдардың жинақталуына байланысты нақты бір табалдырыққа дейінгі қысымның өсуі пайда болады, оның өсуінен соң «әлсіздену» – газ шығарындысы жүреді, жоғарыда келтірілген кестелердегі газдар шоғырлануының күрт жоғарылауы/төмендеуінің бар болуы осымен түсіндіріледі.

2.2. Алаңдық газдық түсіру

1355 және «Глубокая», 1236, 1361 ұңғымалары сағаалды алаңдарының топырақ ауасындағы метан бойынша газ түсірудің нәтижелері 6-суретте, 1355, «Глубокая», 1315 және 1317 ұңғымалары үшін көмірқышқыл диоксиды бойынша – 7-суретте ұсынылған. 1315, 1317 және 1053 ұңғымаларда зерттеудің бірде-бір нүктесінде метанның көп шоғырлануы, ал 1236, 1361 және 1053 ұңғымаларында көміртегі диоксидының көп шоғырлануы анықталған жоқ.

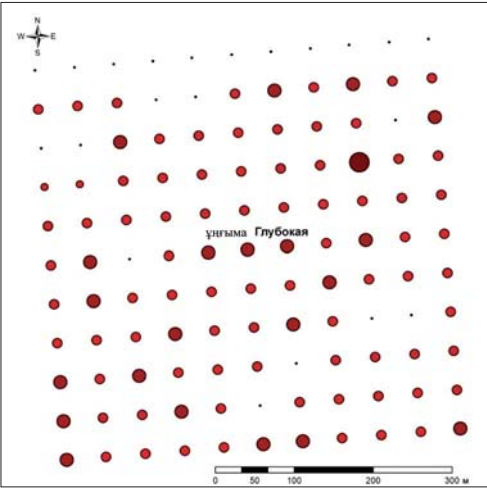
Метан

«Глубокая», 1361 және 1236 ұңғымаларының сағаалды алаңдарында ауданы зерттеу облыстарынан асатын метанның жоғары шоғырлану телімдері анықталды. Газ сіңіретін құрылымдар ұңғымалар сағасына жақын орналасқандығын ғана емес, сонымен бірге 350 метрден аса арақашықтықта, одан басқа метанның максималды шоғырлануы бар нүктелері, әдетте, «әскери» ұңғымаларға тікелей жақын емес, 200 м дейінгі арақашықта орналасады. «Глубокая» ұңғымасындағы жоғары шоғырлану алаңы 450х500 м² құрайды, бұл кезде алаңның солтүстік-шығыс бөлігінде метанның шоғырлануы 0,8 % жетеді (6а-сурет). 1361 және 1236 ұңғымаларында топырақ ауасындағы метан 500х500 м² облысын алады. <0,02 % метан шоғырлануы бар бірнеше нүкте анықталды (6 в,г-сурет).

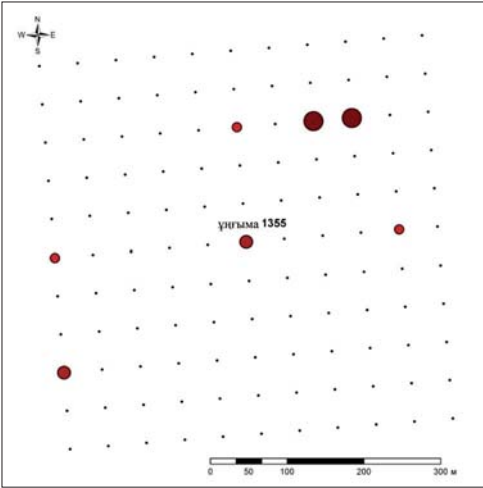
1355 ұңғымасында метанның бар болуы тек 7-нүктеде анықталды, бұл кезде оның солтүстік-шығыс теліміндегі шоғырлану «Глубокая» ұңғымасындағыға қарағанда екі есе көп және 2,0 % құрайды. Максималды шоғырлану Т30 және Т31 нүктелерде байқалады (1, 6б-суреттер).

Көмірқышқыл диоксиды

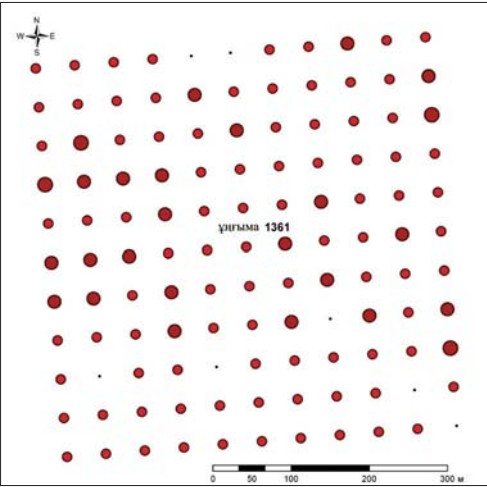
Зерттелген ұңғымалардың ішінде 1355 және 1315 ұңғымалары алаңдарында көмірқышқыл диоксидының салыстырмалы жоғары құрамы бар аймақтар анықталды (7-сурет). Максималды шоғырлану облыстары ені 150–200 метр болатын зерттелген алаңның солтүстік бөлігін қамтиды. Бұл кезде 0,13% (0,05 моль/м³) жететін максималды мандері бар нүктелер соның ішінде зерттеу торшасының шеткі бейіндерінде орналасқан.



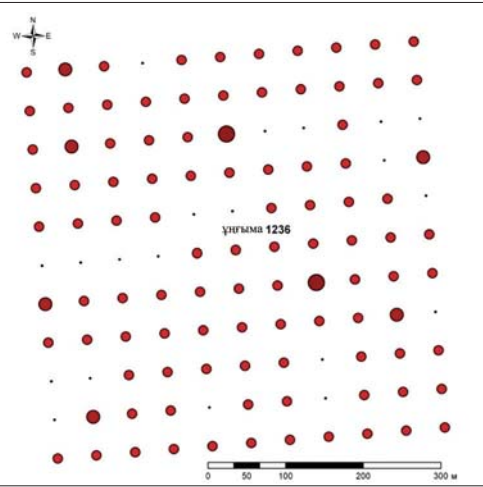
а)



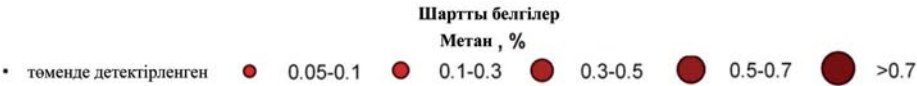
б)



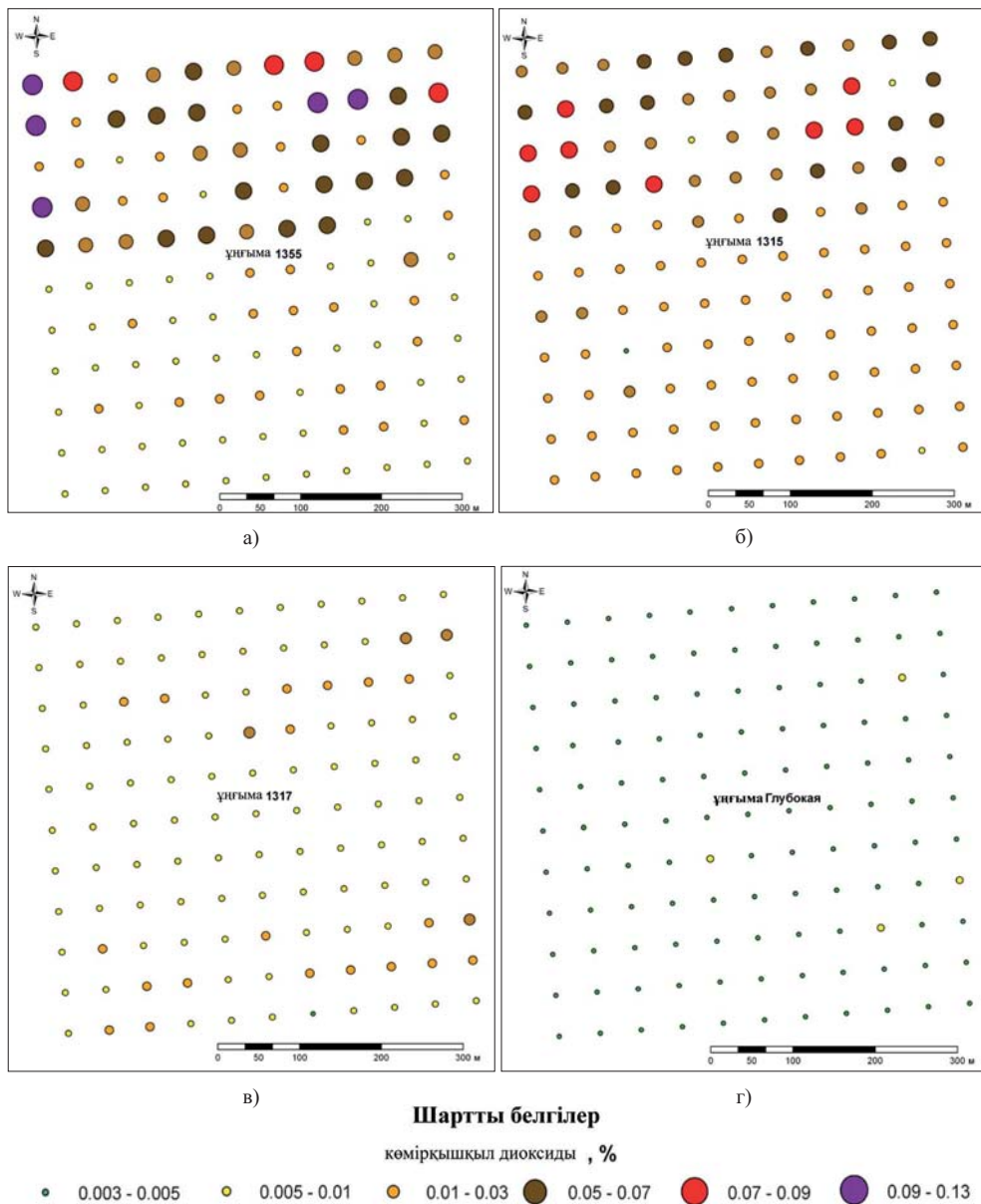
в)



г)



6-Сурет. Метанның ұңғымалардағы алаңдық таралу сұлбасы:
а) «Глубокая»; б) 1355; в) 1361;г) 1236



7-Сурет. Көміртегі диоксидының ұңғымалардағы алаңдық таралу сұлбасы:
а) 1355; б) 1315; в) 1317; г) «Глубокая»

«Глубокая» ұңғымасында топырақ ауасындағы көмірқышқыл диоксидының жоғары құрамы бар облыстар анықталған жоқ, тек кейбір нүктелерде топырақ ауасындағы көмірқышқыл диоксидының көп шоғырлануы анықталды. Ұңғыманың (Т28, Т74 және Т58) сағасынан шамамен 150 метр радиусында орналасқан үш нүктеде аялық

мәннен 0,003 % (0,0012 моль/м³) асатын көмірқышқыл диоксидының шоғырлануы анықталды.

3. ЖҰМЫС НӘТИЖЕЛЕРІН ТАЛҚЫЛАУ

3.1. Газ мониторингі

Газ мониторингі нәтижелері бойынша атап өтуге болатыны (2-суретті қараңыз), іс жүзінде барлық ұңғымаларда көптеген анықталатын газдардың көп шоғырлануы анықталған жоқ. Тіпті газдардың аса қарқынды бөлінуі байқалатын 1010 ұңғымасында, атмосфералық ауада тек көмірқышқыл диоксиды табылды, ал топырақ және атмосфералық ауасында орташа шоғырлану қатынасы 1,4 құрайды (2-кесте). Бұл деректердің бірігуі жерасты газдану процестері тұрғысынан атмосфералық ауадағы газдар мониторингісінің болашағы жоқтығы туралы тұжырым жасауға мүмкіндік береді.

1010 ұңғымасында топырақ ауасындағы газдар шоғырлануы туралы, сондай-ақ тікелей ұңғыма ұшына іріктеп алынған газдар туралы деректер алынған. Төменде алынған деректерді салыстыру ұсынылған (2-кесте).

2-Кесте.

1010 ұңғымасы бойынша орташаланған деректердің салыстырмалы кестесі

№ р/р	Газ	Іріктеп алу нүктесі			C ₀ /C _т қатынасы	C _Ү /C _а қатынасы
		Ұңғыманың отыр- ғызылған тұрбасы (о)	Топырақ ауасы (т)	Атмосфера- лық ауа (а)		
1	CO ₂ , %	0,0046	0,0034	0,0024	1,35	1,42
2	CO, %	0,003	<0,000009 (<0,1 мг/м ³)	-	-	-
3	SO ₂ , %	0,0014	<0,000004 (<0,1 мг/м ³)	-	-	-
4	H ₂ S, %	0,004	<0,000007 (<0,1 мг/м ³)	-	-	-
5	CH ₄ , %	2,250	0,072	-	31	-
6	H ₂ , %	0,640	0,038	-	17	-

Көп жылғы газдық зерттеу нәтижелерінің деректері бойынша [2, 4, 8] 1010 ұңғымасының тікелей ұшына орналасқан нүктеде барлық анықталатын газдардың бар болуы байқалады, бұл кезде газдардың шоғырлануы «Балапан» және «Сары-Өзен» алаңдарындағы барлық басқа ұңғымалармен салыстырғанда максималды. Ядролық сынақтарды жүргізу барысында кейде бетон және ұсақ таспен бітелген бітеу кешенінің ашылып қалуы кездеседі, бұл асыл газдардың шығу фактісімен расталады. Сонымен, әскери ұңғымаларда газ өткізетін аймақтардың бар болуы мүмкін. Жоғарыда келтірілген фактілерді ескере отырып, 1010 ұңғымасы ұшындағы газдар шоғырлануының мониторингі максималды дәрежеде тереңде жүретін газпайда болу процесін көрсетеді деген қорытынды жасауға болады. Осыдан барлық ұңғыма ұшына олардан шығатын газдардың бар болуы туралы қосымша зерттеу жүргізу дұрыс деп саналады, өйткені

нақты осындай нүктелер жерасты газдану процестерінің мониторингі тұрғысынан аса ақпараттандырылған болуы мүмкін.

1010 ұңғымасының тікелей ұшынанжәне осы ұңғыманың сағаалды алаңындағы топырақ ауасында шығатын ағында өлшенген газдар шоғырлануын салыстыру метан мен сутегі шоғырлануы арасындағы айырмашылыққа екі ретте қол жететінін (4-кесте) көрсетеді, ал көмірқышқыл оксиды, күкіртті сутегі және күкіртті ангидрид сияқты газдар топырақ ауасында мүлдем байқалмайды. Мұндай жағдайды бұл газдардың жерасты суларымен өзара әрекетінің әсерімен түсіндіруге болады:



Сонымен, жоғарыда аталған газдар үшін газдардың тау жыныстары арасынан өту процесін анықтайтын «екінші» факторлар кешенінің әсері жерасты суларымен болжамды өзара әрекеттесу фактісімен күрделенген, сондықтан бұл газдар аса ақпараттандырылмаған көрсеткіштер болып табылады. Бұдан шығатыны, топырақ ауасындағы метан мен сутегінің мониторингі аса ақпараттандырылған болады.

Газ мониторингі нәтижелері бойынша деректерге талдау жүргізілді, мұнда ұңғыманың бір алаңындағы екі нүкте арасындағы көрсеткіштер байланысы қарастырылды және сонымен «екінші» факторлар кешенінің әсері жанама бағаланды. Әр ұңғыма бойынша сынамаларды іріктеп алу нүктелері арасындағы топырақ ауасында газдардың шоғырлану динамикасын көрсететін деректер 3-кестеде берілген.

3-Кесте.

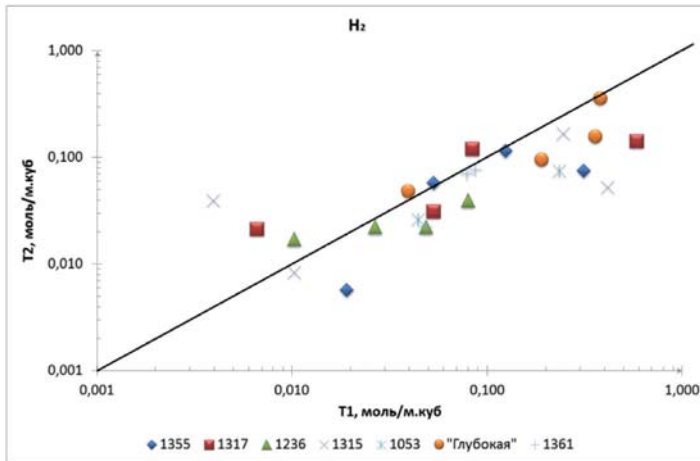
Топырақ ауасы сынамасын іріктеп алудың әр түрлі нүктелеріндегі газ бөліну динамикасының ұқсастығын көрсететін түзету коэффициенттері

Газ/ұңғыма	H ₂	CO ₂	CH ₄	SO ₂	Газ/ұңғыма	H ₂	CO ₂	CH ₄	SO ₂
1355	0,61	-0,14	0,50	-	1315	0,51	-0,04	0,89	-
1317	0,78	0,99	0,08	-0,25	1053	0,83	0,46	0,53	-
1010	-0,43	-0,34	-0,34	-	"Глубокая"	0,87	0,94	0,89	0,99
1236	-0,44	-0,26	0,04	-	1361	-0,31	0,13	0,95	-0,11

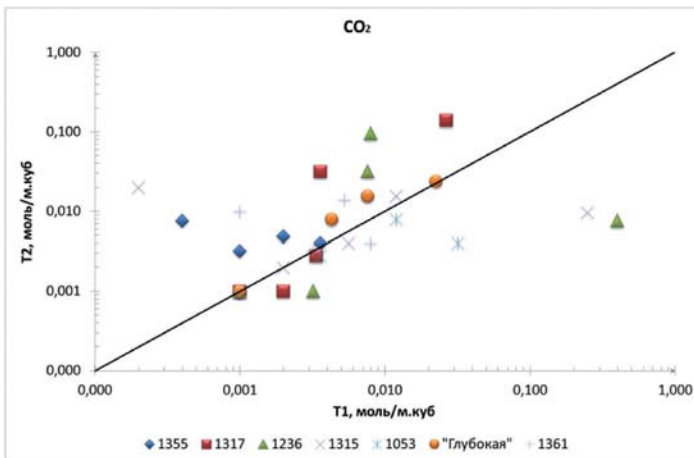
«Глубокая» ұңғымасында 4 газ бойынша жақсы арақатынастылық бар екендігі анықталған. Бұл ұңғыманың барлық сағаалды алаңын газ өткізгіш құрылым облысы ретінде көрсетеді. Газдық түсіру нәтижелері бойынша бұл облыс 450x500 м² құрайды. Бұл ұңғымадағы газдардан арылуының үлкен аймағының пайда болуы 1992 жылы [1] болған газдардың шығуы мен жарылысқа байланысты болуы әбден мүмкін. Қазіргі уақытта «Глубокая» ұңғымасында жер қойнауының газдардан баяу арылуы жүріп жатқаны болжанады.

Ары қарай іріктеп алудың жұптық нүктелерінде алынған шоғырланулардың мөлшерлерінің талдауы жүргізілді. Үлкен мөлшердің қолайлы саны көмірқышқыл диоксиды мен сутегі бойынша алынды. Кестеде (8а-сурет) Т1 нүктесі үшін топырақ ауасындағы сутегі шоғырлануының көптеген мәндері Т2 нүктесі үшін берілген де-

ректер бар мөлшерлермен ұқсас екендігі көрінеді. Бұл газ сынамаларының нүктелері арасындағы таңдап алынған арақашықтық «екінші» факторлардың кешенінің әсерінің түрлілігінің көріну тұрғысынан алғанда маңызы жоқтығын білдіреді.



а) сутегі



б) көмірқышқыл диоксиды

8-Сурет. Нүктелер бойынша нәтижелердің ұқсастығын бағалау:

а) сутегі; б) көмірқышқыл диоксиды

Топырақ ауасында алғашында көмірқышқыл диоксиды атмосфералық ауадағыға қарағанда көп болғандығын, ал оның шоғырлануының мөлшеріне факторлардың көп болуы әсер ететіндігін ескеру қажет. Сондықтан көмірқышқыл диоксидының динамикасы жерасты газдану процестерінің сипатын шынайы көрсетпейді.

3.2. Алаңдық газдық түсіру

«Глубокая», 1236 және 1361 ұңғымаларында газдық түсірудің нәтижелері алаңның үлкен бөлігі (шамамен 80%) метан үшін газ сіңіргіш аймақ болып табылады. Газдардың осы сіңіргіш құрылым арқылы атмосфераға баяу арылуы жүруі мүмкін, солайша газдың бірден дүркіндік шығарылуының мүмкіндігі төмендейді, «Глубокая» ұңғымасында осылай болған. Алайда жыныстардың жануы кезінде жоғары саңылауланған, әлсіреген аймақтар пайда болуы мүмкін, құлау/езілу жағдайында күндізгі жер бетінің құлауы мен тұнуы пайда болуы мүмкін. Яғни, газ даласы тіркелген ұңғымаларды ықтимал қауіпті ұңғымаға жатқызу қажет. Алаңдық түсіру нәтижелері көрсеткендей, ұңғымалардағы газдық ауытқулардың алып жатқан алаңы 500x500 м² өлшемімен шектелмеуі, зерттеудің таңдап алған аймағының шекарасынан тыс шығуы мүмкін. Газдық ауытқулардың шекараларын анықтау үшін «Глубокая», 1361, 1236, 1355, 1315 және 1317 ұңғымалардың сағалды алаңдарында үлкен көлемі бар қайталанған газдық түсіруді жүргізу қажет.

1355 алаңының сағалды алаңындағы газдық түсіру алаңының нәтижесіне назар аударған жөн. Бірнеше нүктеде метанның салыстырмалы жоғары шоғырлануы анықталды. Мұнда жерасты газдану процестері жүруі мүмкін, және осы процестердің нәтижесінде пайда болған метанның топырақ ауасына түсуі жеткіліксіз дәрежеде өтеді, бұл метанның жерасты қуыстарында жиналуына әкелуі мүмкін, ол ары қарай газдың шығарындысына және күндізгі жер бетіне тұнуына әкелуі мүмкін. Сонымен, «газданған» және «газданбаған» ұңғымалардың қауіптілік дәрежесі туралы әлі де біржақты қорытынды жасауға болмайды.

Осыған қосымша ЖЯЖ жүргізу орындарында жерасты газдану процестерін зерттеу үшін арнайы бақылау ұңғымаларын жабдықтау дұрыс екендігін атап өту қажет. Бұл ұңғымалардан газ сынамаларын іріктеп алу, жерасты суларының температурасын өлшеу, сондай-ақ су талдауы газ бөліну процесі туралы жаңа деректер алуға мүмкіндік береді. Қазіргі уақытта қолда бар гидрогеологиялық ұңғымаларды пайдалану арқылы жұмыстарды бастауға мүмкіндік бар. Кейбір «эскери» ұңғымаларға тікелей жақын жерде зерттеулер үшін қол жетімді гидрогеологиялық ұңғымалар (110/14, 1010/1, 125/1, 110/14 және т.б.) [2], бар. Әр газданған ұңғыманы жан-жақты зерттеу үшін қосымша аса терең ұңғымаларды (200 дейін және одан көп метр) сызатты суларға бұрғылау қажет болуы әбден мүмкін.

ҚОРЫТЫНДЫ

Аталған газ мониторингі нәтижелері бойынша ұңғымаларда атмосфералық ауадағы газдар шоғырлануының ары қарайғы мониторингі жерасты газдану процестері тұрғысынан келешегі жоқ екендігі анықталды.

1010 ұңғымасының ұшының көп жылғы газдық зерттеу деректері бойынша барлық ұңғыма ұшының олардағы бөлініп шығатын газдардың бар болуына қосымша зерттеу жүргізу дұрыс екендігі анықталды, өйткені нақты сондай нүктелердің жерасты газдану процестерінің мониторингі тұрғысынан аса ақпаратты болуы мүмкін.

Метан мен сутегі үшін газдардың тау жыныстарының қалыңдығынан өту процесін анықтайтын «екінші» факторлардың әсері іс жүзінде жерасты суларымен бол-

жамды өзара әрекетінің фактісімен күрделенбегендіктен. Топырақ ауасындағы мұндай газдардың мониторингі аса ақпаратты болады, ал көптеген факторлардың әсерінен көмірқышқыл диоксидының шоғырлану динамикасын зерттеу газдану процестері туралы әділ деректер алуға мүмкіндік бермейді.

Жоғарыда айтылғандай, тау жынысының газдану процесіндегі жану нәтижесіндекүндізгі жер бетінің отыруы және омырылуы мүмкін. Осындай өзгерістерді қадағалау үшін ұңғымалардың сағаалды алаңдарында, сондай-ақ аздаған телімдердегі топырақ ауасында газдардың жоғары шоғырлануы байқалатын ұңғымалардың алаңдарында газдық ауытқу орналасқан орындарда орналастыратын ұзақ мерзімді реперлерді пайдалану арқылы геоморфологиялық мониторинг жүргізген дұрыс.

«Глубокая», 1361, 1236, 1355, 1315 және 1317 ұңғымалардың сағаалды алаңдарындағы алаңдық зерттеу нәтижелеріне сәйкес газдық ауытқу шекараларын орнату қажет, ол үшін масштабы үлкен газдық түсіруді қайтадан жүргізу қажет. Қазіргі уақытта «газданған» және «газданбаған» ұңғымалардың қауіптілік дәрежесі туралы біржақты қорытынды жасауға әлі болмайтынын атап өту қажет, бірақ «газданған» ұңғымаларды ықтимал қауіпті нысандарға жатқызу қажет.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. Субботин С.Б. «Балапан» алаңындағы апаттық сипаттағы үрдістер ағысының мүмкіндігін бағалау/ Субботин С.Б., Лукашенко С.Н.// Қазақстан радиоэкологиясының өзекті мәселелері [Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының 2007 – 2009 жж. еңбектер жинағы] / Лукашенко С.Н. басшылығымен – 2- шығарылым – Павлодар: Баспа үйі, 2010. – Б.401-448: ил.- Библиогр.: 6.54 - ISBN 978-601-7112-32-5.
2. «Бұрынғы Семей сынақ полигонының қауіпсіздігін қамтамасыз ету» Республикалық бюджеттік бағдарламасы 011 «Радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету»: 10.10.2008 ж. № 36-2008/1 келісімшарты бойынша ҒЗЖ туралы есеп (қорытынды) / ҚР ҰЯО РҚЭИ; Лукашенко С.Н. басшылығымен; орындаған: Демин В.Н. – Курчатов: ҚР ҰЯО РҚЭИ, 2008. -121 б.
3. Газ сынамаларын іріктеуге және сақтауға арналған аспиратор Техникалық суреттемесі. - В/О: Машаспап, 1979. – 4б.
4. «Бұрынғы Семей сынақ полигонының қауіпсіздігін қамтамасыз ету» Республикалық бюджеттік бағдарламасы 011 «Радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету»: 19.02.2010 ж. № 4-20103 келісімшарты бойынша ҒЗЖ туралы есеп (ақпараттық) / ҚР ҰЯО РҚЭИ; Лукашенко С.Н. басшылығымен – Курчатов: ҚР ҰЯО РҚЭИ, 2010. -128 б.
5. Геохимия бойынша анықтамалық / Г.В. Войткевич, А.В. Кокин, А.Е. Мирошников, В.Г. Прохоров. – М.: Недра, 1990.-480 б.: ил.
6. Беус А.А. Қоршаған орта геохимиясы / А.А. Беус, Л.И. Грабовская, Н.В. Тихонова. - М.: Недра, 1976. - 248 б.
7. Ғаламторқоры, қол жеткізу режимі [http://ru.wikipedia.org/wiki/Көмірқышқыл_оксиды_\(IV\)](http://ru.wikipedia.org/wiki/Көмірқышқыл_оксиды_(IV)).

8. «Бұрынғы Семей сынақ полигонының қауіпсіздігін қамтамасыз ету» Республикалық бюджеттік бағдарламасы 011 «Радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету»: 26.06.2009 ж. № 17-2009 келісімшарты бойынша ҒЗЖ туралы есеп (ақпараттық) / ҚР ҰАО РҚЭИ; Лукашенко С.Н. басшылығымен – Курчатов: ҚР ҰАО РҚЭИ, 2009. -164 б.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРА ГАЗОНОСНОСТИ НА ПЛОЩАДКЕ «БАЛАПАН»

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

**¹Институт Радиационной Безопасности и Экологии НЯЦ РК,
Курчатов, Казахстан**

²Институт Атомной Энергии НЯЦ РК, Курчатов, Казахстан

В статье представлены результаты исследования процессов газоносности в эпицентральных зонах подземных ядерных взрывов (ПЯВ) на площадке «Балапан», полученные в 2010 г. Результаты газового мониторинга показали, что в большинстве случаев характер процесса газовой выделения на «критических» скважинах носит индивидуальный характер. Концентрация газов на одной и той же точке в течение наблюдаемого периода может изменяться в диапазоне до 4 порядков величины. Установлено, что мониторинг концентрации водорода и метана является наиболее адекватным методом мониторинга «газящих» скважин. Выявлено, что мониторинг газов выходящих по затрубному пространству наиболее объективно отображает собственно процессы газообразования – комплекс «первичных» факторов. По результатам площадного газового обследования выявлено, что границы газовых аномалий на приустьевых площадках ряда скважин могут располагаться на расстоянии более 350 метров. Приведены рекомендации для дальнейшего изучения процессов газификации в местах проведения ПЯВ.

Ключевые слова: Семипалатинский испытательный полигон, диоксид углерода, метан, сероводород, фоновые концентрации, подземная газификация, газовойделение, площадная газовая съемка, мониторинг газовойделения, корреляция.

INVESTIGATION OF THE NATURE OF GAS-BEARING CAPACITY AT "BALAPAN" SITE

V.V. Romanenko¹, S.B.Subbotin¹, S.N.Lukashenko¹, L.V.Chernova²

¹Institute of Radiation Safety and Ecology NNC RK;

²Institute of Atomic Energy NNC RK

The paper presents the 2010 investigations results on gas-bearing in the epicenter zones of underground nuclear explosions (UNEs) at "Balapan" site. Gas monitoring results showed that in most cases the nature of the gassing process at the "critical" boreholes is individual. The concentration of gases at the same point during the observation period can range up to 4 orders of magnitude. It has been found that monitoring the concentration of hydrogen and methane is the most appropriate way for monitoring the "gassing" boreholes. It has also been revealed that the monitoring of gases emerging

from the annular space impartially reflects the actual processes of gasification - a set of "primary" factors. Areal gas survey found that the boundaries of gas anomalies in the estuarine areas of a number of boreholes can be located at a distance of 350 meters. The recommendations are given for further study of the gasification processes at UNE venues.

Keywords: Semipalatinsk Test Site, carbon dioxide, methane, hydrogen sulfide, background concentration, underground gasification, gas emission, areal gas surveying, gas-release monitoring, correlation.

УДК504.4.054:669.3/.6:622.258.4:577.4

«ДЕГЕЛЕҢ» АЛАҢЫНЫҢ ПОРТАЛАЛДЫ ТЕЛІМДЕРІНДЕ АУЫР МЕТАЛДАРМЕН ЛАСТАНУДЫҢ ҚАЛЫПТАСУ ФАКТОРЫ

Лукашенко С.Н., Амиров А.А.

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

Бұл мақалада «Дегелең» алаңының штольнясынан шыққан ағын сулардың суында және топырақта ауыр металдардың орын алған құрамы жайлы деректер келтірілген. 45 химиялық элементтің құрамы зерттелді. Зерттеулердің деректеріне сәйкес, аталған климаттық белдеу үшін табиғи судағы орташа мәніне қатыстылығы бойынша, судағы бірқатар элементтердің құрамы ауытқымалы жоғары екені анықталды. №504 штольняның суында сирек кездесетін элементтер мен 8 ағын судың суында молибден, бериллий, уранның шоғырлануының ауытқымалы жоғарылауы орын алған, топырақтағы ауыр металдардың кеңістіктік сипаты анықталды. Порталалды телімдердің топырағының ластануының негізгі факторы, штольня суларымен ауыр металдардың шығуына байланысты деген тұжырым жасалды. Сонымен қатар, радиациялық қатер факторы ретінде, судағы табиғи уранның құрамын тұрақты түрде бақылау қажеттілігі байқалды.

Түйін сөздер: уран, ауыр металдар, штольня, портал, су, кларк, лантаноидтар, ластану, ағын су, ССП.

КІРІСПЕ

Дәстүрлі түрде Семей сынақ полигонына (ССП) радиация әсерімен барлық табылған феномендердің түсіндірілуіне сүйене отырып тек радиациялық қауіп көзі деп қарайды, бұл толық дұрыс емес. Басқа факторлардың, оның ішіндебар екендігі туралы қолда бар тәжірибелік деректер, сол сияқты полигон аумағындағы түрлі пайдалы қазбалардың кенорындарының бар болу фактісі де дәлелдейтін «ауыр» металдардың (АМ) болжамды әсері толық зерттеліп, қабылданған жоқ.

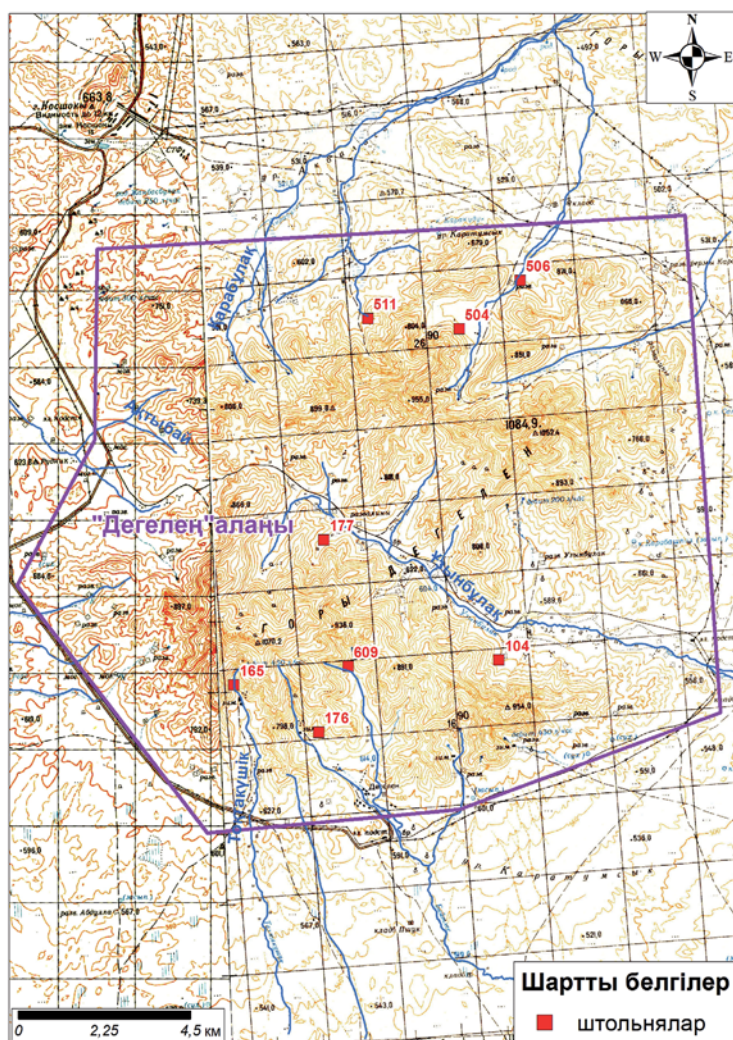
Аталған жұмыс Дегелең таулы массивіне іргелес үш телімдерде алдыңғы жылдарда бұрын жүргізілген жұмыстардың жалғасы болып табылады [1]. Топырақтағы бірқатар элементтердің олардың кларктеріне қатысы бойынша ауытқулы жоғары құрамы анықталды. Құрамның аса жоғарылауы молибден, күшән және кадмий үшін орын алған. Элементтердің шоғырланулар бойынша алаңдық таралуы барлық үш телімдерде дұрыс емес формалы оқшау дақтармен бейнеленген дифференциацияланған сипатқа ие.

Жұмыстарды жалғастыру Дегелең таулы массивінің табиғи суларының химиялық құрамы бойынша деректерге байланысты, өйткені химиялық элементтердің таралуының бір жолының қызметін су ортасы, сондай-ақ сағалды алаңдары топырағының АМ ластануы туралы сапалы ақпараттың жоғы атқарады.

1. ТӘЖІРИБЕЛІК БӨЛІМ

Жоғарыда жазылғанды ескере отырып, «Дегелең» алаңы штольнясының ағын суларына зерттеу жүргізілді, бұл зерттеуге табиғи су мен топырақтың сынамаларын іріктеп алу, қоздыру көзі ретінде иондарды (ИСП-МС) ала отырып, индуктивті-байланысқан плазмасы бар масс-спектрометрия әдісін пайдаланумен жасалатын АМ және уытты элементтердің құрамына зертханалық талдау кіреді.

«Дегелең» сынақ алаңында жұмыстар жүргізілген кезең ішінде ағын су 50-ден аса штольняда байқалды. 2010 ж. үнемі су пайдаболу көрінісі 1-суретте берілген, зерттеулер нысаны ретінде таңдап алынған 8: №104, 165, 176, 177, 504, 506, 511, 609 штольняда байқалған.



1-Сурет. Су пайдаболу көрінісі бар штольнялар

1.1 Су сынамаларын іріктеп алу

Судағы АМ шоғырлануының өзгеруін бағалау мақсатында бұлақтың ағысы бойынша 23–28 тамыз аралығында су сынамалары ағын судың күндізгі жер бетіне шығу орнында және әр 50 метр сайын ағын судың ағысы бойынша 300 м дейінгі ара қашықтықта іріктеп алынды.

Уақыт ішінде судағы АМ шоғырлануының өзгеруін бағалау үшін ағын судың күндізгі жер бетіне шығу орнында 1–3 шілде, 23–28 тамыз және 10–14 қыркүйек кезеңінде іріктеп алынды. Әр айда су сынамасының әр түрлі саны іріктеп алынды, бұл әр штольня ағын суындағы су дебитінің өзгеруіне байланысты.

Су сынамалары МемСТ 17.1.5.05-85 «Жербеткі және теңіз суларының, мұздың және атмосфералық жауын-шашындардың сынамаларын іріктеп алуға қойылатын жалпы талаптарға» сәйкес іріктеп алынды. Су сынамаларын іріктеп алу кезіндегі негізгі әрекет мыналар болды: механикалық коспаларды «ақ лента» қағаз сүзгіші арқылы алып тастау мақсатында, «осч» маркалық шоғырланған азот қышқылын (HNO_3) 1 л су сынамасына 3 мл HNO_3 есебімен қосумен сынаманы консервациялау. Су сынамалары көлемі 1 л бұрандалы қақпағы бар таза полипропилен бөтелкелерге іріктеп алынды. Сынамаларды консервациялау және сүзу сынамаларды іріктеп алу орнында жүргізілді. Консервіленген сынамалар талдау жасалғанға дейін 2–7 күн ішінде қараңғы салқын жерде сақталды.

1.2. Топырақ сынамаларын іріктеп алу

Дегелең таулы массиві штольняларының сағаалды алаңдарындағы топырақтың ластану деңгейін анықтау үшін № 177, 504 штольняларда топырақ сынамаларын іріктеп алу жүргізілді. Сынамаларды іріктеп алу келесі сұлба бойынша: бұлақтың арнасына перпендикуляр бағытталған бейіндер бойынша (әр штольняда 7 бейіннен, әр бейінде 5 нүктеден) жүргізілді, бейіндер арасындағы ара қашықтық 50 м, сынамаларды іріктеп алу қадамы 10 м. Сынамаларды іріктеп алудың орталық нүктесін тікелей бұлақ арнасында салды. Сынамалар топырақтың металл сынама іріктеп алушының көмегімен шаншып алу әдісімен іріктеп алынды. Сынамаларды іріктеп алу тереңдігі 0–5 см, ауданы– 100 см².

1.3. Топырақ сынамасын талдауға дайындау

Топырақ сынамасын дайындау топырақты кептіруден, ұсату мен қышқылдық сілтілеуден тұрды. Топырақ сынамасын кептіру 70 °С температурада 5 сағат ішінде кептіру шкафында жүргізілді. Сосын құрғақ сынамадан кварттау әдісімен ұсату үшін топырақтың 100 г беткі қабаты алынды. Ұсату бөлшектердің ≤ 250 меш. дейінгі өлшемін кәрлен ыдыста сынаманы үгіту әдісі арқылы қолмен жасалды.

Сілтілеу «НПВФ "Анкон–АТ-2" аналитикалық автоклавта сынамаларды дайындау әдістемесі. Топырақ. Талдаудың биологиялық нысандары» (МИ 2339-95, ВНИИМС, Мәскеу) әдістемесіне сәйкес жүргізілді.

Сынаманың 200 мг беткі қабатын тефлон төсенішке салып, 10 см³ 7М азот қышқылын аздаған мазірмен қосып отырды. Сосын тефлон төсеніші тефлон «бомбаға» салынды және 150 °С температурада 2,5 сағат ішінде автоклавтық ыдырау жүргізді. Автоклавтау аяқталған соң суытылған сынаманы центрифугалық шыны түтікке салып,

айналым жиілігі 4000 айн/мин кезінде 10 мин ішінде айналдырады, сосын центрифугатты көлемі 15 см³ өлшеу шыны түтігіне салып, тұнбаны 5 см³ 7М азот қышқылымен жуып, қайтадан айналдырады. Центрифугат пен шаюшы ерітіндіні біріктіріп, 7М азот қышқылымен 15 см³ көлемге дейін жеткізді. Осылайша алынған бастапқы ерітінді мен 1:10 араластырылғандағы химиялық элементтердің құрамына талданды.

1.4. Талдауды жүргізу

АМ және уытты элементтер құрамын анықтау ИСП-МС әдісімен, "PerkinElmerSCIEX" фирмасының Elan 9000 масс-спектрометрын пайдалана отырып жинақта компьютермен және арнайыландырылған бағдарламалық қамтамасыздандыру жүргізілді. Аспап стандартты көлденең-ағынды жүйесімен сұйық сынамаларды (Мейнард типті бүккіш) енгізумен және бір коллекторлы екі сегментті иондар детекторымен қамтамасыздандырылған.

Калибровкалықкестелерді құру үшін №KZ.03.02.00902-2010, KZ. 03.02.00901-2010 нөмірлі ҚР ГСИ реестрінде тіркелген мультиэлементті стандартты үлгілер пайдаланылады. Өлшеулер сапасын бақылау әр 15 сынама сайын калибровкалау ерітіндісін өлшеу жолымен жүзеге асырылды. Калибровканың қанағаттандырылықсыз нәтижесінде (калибровкалау кестесінің 10 %-ға ауытқуы) аспапты қайта калибровкалау жүргізілді.

Сонымен, су мен топырақты сілтілеушілердің сынамалары талданды, келесі элементтердің: Na, Mg, K, Ca, Al, Li, Be, Sc, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Se, Rb, Sr, Y, Mo, Ag, Cd, Cs, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Re, Tl, Bi, U құрамы анықталды. Талдау ISO 17294-2:2003 (E) әдістемесіне сәйкес (мем. тіркеу нөмірі 27.12.05 ж. 022/10505) жүргізілді. Макрокомпоненттер (Na, K, Mg, Ca) бастапқы ерітінділерді 10 және 100 есе араластыру жолымен алынған ерітінділерде талданды.

2. НӘТИЖЕЛЕР ЖӘНЕ ТАЛҚЫЛАУ

2.1. Штольнялық сулардың ластануының негізгі құрауыштарын анықтау

1-кестеде ағын судың күндізгі жер бетіне шығу орындарында іріктеп алынған су сынамаларындағы элементтер шоғырлануының зерттеу кезеңі ішіндегі, аридті климат үшін орта құрамы бар сулармен [2] салыстырғандағы және ауызсудағы шекті рауалы шоғырланулармен [3] орта арифметикалық мәндері келтірілген.

1-Кесте.

Дегелең таулы массивінің суындағы элементтердің шоғырлануы

Штольнялар	104	165	176	177	504	506	511	609	Жерасты суларының орташа құрамы [2]	Ауызеу үшін ШРШ [3]
мг/л										
Na	20±2	11±1	18±2	20±2	27±3	14,5±1,5	14,0±1,5	25±2	392	200
Mg	15±1	10±1	6,0±0,5	11±1	23±2	14±1	19±2	9±1	67,5	
K	1,0±0,1	1,5±0,1	0,60±0,06	1,5±0,1	2,5±0,2	0,25±0,02	1,5±0,1	1,0±0,1	17,3	
Ca	130±13	106±10	46±4	75±7	185±18	140±14	110±10	60±6	111	
мкг/л										
Al	200±15	<0,5	<0,5	<0,5	17600±1700	15±1	925±90	12±1	280	500
Li	67±6	64±6	34±3	54±5	125±120	10±1	70±7	51±5	33,5	30
Be	5,7±0,5	0,56±0,05	0,52±0,05	1,3±0,1	270±25	0,75±0,07	87±8	3,0±0,3	0,33	0,2
Sc	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	62±6	<0,5	<0,5	<0,5	0,03	
V	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	0,77±0,07	<0,20	<0,20	2,6	
Cr	1,8±0,2	2,8±0,3	2,0±0,2	2,0±0,2	0,45±0,04	2,4±0,2	<0,20	3,0±0,3	4	500
Mn	41±4	1,2±0,1	1,5±0,1	<0,2	109000±10000	182±15	10180±1000	146±15	88	500
Fe	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,93	1000
Co	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	12±1	0,35±0,03	0,60±0,06	<0,2	0,6	
Ni	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	6,0±0,5	0,52±0,05	1,5±0,1	<0,5	5,5	100
Cu	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	18±1	<0,3	<0,3	10±1	10	1000
Zn	40±4	32±3	30±3	49±5	11000±1000	11±1	3770±370	7,0±0,7	45,2	5000
Ga	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,6	
As	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	1,9	50
Se	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1,8	10
Rb	3,0±0,3	4,3±0,4	1,4±0,1	1,7±0,1	11±1	<0,02	5,0±0,5	3,0±0,3	2	
Sr	480±45	317±30	156±15	380±35	760±75	690±65	385±35	170±15	700	7000
Y	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	385±35	<0,01	<0,01	<0,01	0,15	

Штольнялар	104	165	176	177	504	506	511	609	Жерасты суларының орташақұрамы [2]	Ауысу үшін ШРШ [3]
Mo	550±50	65±6	175±17	660±60	<0,3	10±1	0,82±0,08	165±15	4,1	250
Ag	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,44	
Cd	1,25±0,15	<0,3	1,0±0,1	<0,3	34±3	<0,3	9,0±1,0	<0,3	0,42	
Cs	1,4±0,1	1,4±0,1	1,0±0,1	0,15±0,01	6,5±0,5	<0,05	3,5±0,3	1,2±0,1	0,6	
Ba	10±1	10±1	3,0±0,3	13±1	8,0±0,6	20±2	5,5±0,5	1,0±0,1	33,6	100
La	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	455±40	<0,05	<0,05	<0,05	0,3	
Ce	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	890±85	<0,05	<0,05	<0,05	1	
Pr	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	85±8	<0,05	<0,05	<0,05		
Nd	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	280±25	<0,05	<0,05	<0,05		
Sm	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	65±6	<0,05	<0,05	<0,05		
Gd	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	100±10	<0,05	<0,05	<0,05		
Tb	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	16±1	<0,05	<0,05	<0,05		
Dy	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	95±10	<0,05	<0,05	<0,05		
Ho	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	19±2	<0,05	<0,05	<0,05		
Er	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	56±5	<0,05	<0,05	<0,05		
Tm	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	8,0±0,8	<0,05	<0,05	<0,05		
Yb	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	53±5	<0,05	<0,05	<0,05		
Lu	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	8,0±0,8	<0,05	<0,05	<0,05		
Re	<0,06	<0,06	<0,06	<0,05	2,0±0,2	<0,06	<0,06	<0,06		
Tl	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03		
Pb	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	3,6	30
Bi	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,06	
U	2025±200	2565±250	1075±100	1960±200	4535±450	76±5	555±50	1040±100	2,8	

Сулардың ауыр металдармен ластану деңгейін бағалау критерийі ретінде алынған деректерді аридті климат провинциясымен сулардың орташа химиялық құрамымен салыстыру әдісі таңдап алынды. Олардың орташа химиялық құрамына сәйкес немесе олардан аз судағы элементтер шоғырлануы ластанудың ықтимал параметрлері ретінде қарастырылған жоқ.

1-кестеде берілген деректер бойынша бірқатар жағдайларда Al, Li, Be, Mn, Zn, Y, Mo, Cd, Cs, U сияқты элементтер, құрамы олардың аридті климат суларындағы орта құрамынан көп есе асатын лантан кіші тобының элементтері анықталды. Табиғи уранның (^{235}U және ^{238}U изотоптарының жиынтығы) судағы орташа құрамынан асатын аридті климат провинциясы үшін жоғары құрамы 2,8 мкг/л [2] барлық штольняларда 25-тен 1500 дейін есе аталған сулардың ерекшеліктері болып табылады.

Аталған штольняларда ядролық сынақтар жүргізілгеніне байланысты, уран көзі ретінде ядролық зарядтың заттегі болуы мүмкін деген болжам жасалды (әр түрлі дәрежедегі байытылуы бар уран). Бұдан шығатыны, ^{235}U және ^{238}U уранның изотоптарының қатынастарын ИСП-МС әдісімен өлшеу жүргізілді. «Дегелең» алаңының табиғи суларындағы ^{235}U уран изотопты құрамы табиғи изотопты құрамға сәйкес және 0,72 % деңгейінде тұр (2-кесте).

Салыстыру үшін 2-кестеде «Дегелең» алаңының табиғи суларындағы плутоний мен уран изотоптарының құрамы туралы деректер келтірілген. ^{238}U уран изотопының шоғырлануы Бк/л РҚН-99 бойынша араласу деңгейінен 10 есеге дейін асады, бұл табиғи суларындағы уран изотоптарының құрамын бақылаудың қажеттілігін дәлелдейді және ССП барлық су нысандары үшін үнемі мониторингке қосылуға тиіс.

2-Кесте.

«Дегелең» алаңының табиғи суларындағы уран изотопының (^{235}U) құрамы, Бк/л

Штольня-лар	^{238}U шоғырлануы, Бк/л	^{235}U құрамы, %	^{238}U / А.Д.	$^{239+240}\text{Pu}$ шоғырлануы, Бк/л	$^{239+240}\text{Pu}$ / А.Д.	$\frac{(C^{238}\text{U}/\text{А.Д.})}{(C^{239+240}\text{Pu}/\text{А.Д.})}$
104	25	0,7245	8,0	0,080	0,025	320
165	32	0,7240	10,3	0,009	0,003	3400
176	9	0,7241	2,9	0,030	0,009	32
177	8	0,7243	2,6	0,110	0,035	74
504	21	0,7239	6,8	0,240	0,077	88
506	0,5	0,7240	0,16	0,020	0,006	26
511	4	0,7245	1,3	0,130	0,042	31
609	13	0,7241	4,2	0,185	0,059	71
РҚН-99 араласу деңгейі	3,1		0,56			

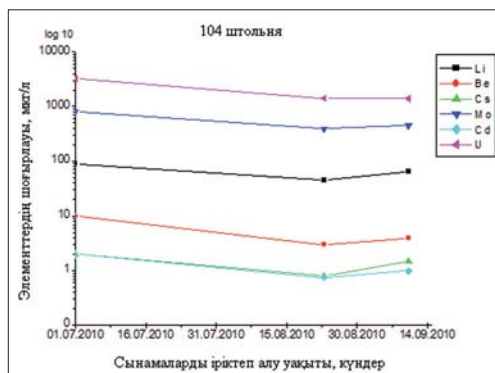
Сипаттамасы лантан кіші тобының элементтерінің жоғары құрамы болып табылатын №504 штольнясын ерекше атап өтуге болады. Аталған ауытқымалы құрам судың жер бетіне шығарға дейін лантаноидтердің үлкен құрамы бар жыныстардан

өтетініне байланысты болуы мүмкін. Аталған факт аса жіті зерттеуді талап етеді. Сондай-ақ №504 штольняның сулары үшін макроқұрауыштардың (Na, K, Ca, Mg) құрамына жақын деңгейлерде тұрған алюминийдің, марганец пен мырыштың ауытқымалы құрамы анықталды. №504 штольняның суындағы берилийдің аридті климаттың суындағы орташа құрамы 800 есеге дейін.

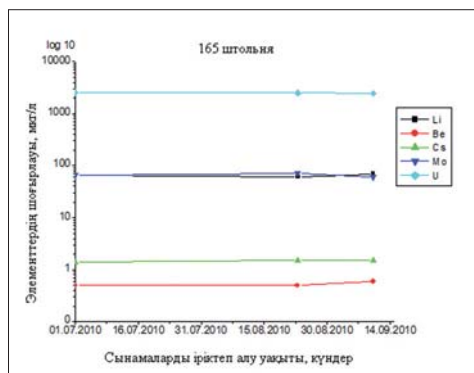
Көптеген штольнялық сулар үшін молибденнің жоғары құрамы тән, №104 штольняның суында аридті климаттың суындағы орташа құрамынан 200 есеге дейін асады. №104, 176, 504, 511 штольнялардың суында судағы орташа құрамы 2-ден 20 есеге дейін асатын кадмийдің жоғары құрамы анықталды.

3.2. АМ құрамының уақыт ішінде өзгеруін бағалау

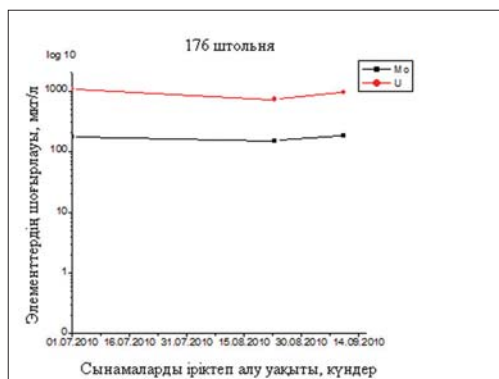
Штольнялық сулардағы АМ құрамы туралы жан-жақты суреттемесі үшін ары қарай АМ шоғырлануының сынамаларды іріктеп алу кезеңіне және судың күндізгі жер бетіне шығар орнынан алыстауына байланысты өзгеруі туралы деректер берілген. Әр штольня бойынша ұсынылған деректер бойынша ағын судың күндізгі жер бетіне шығу нүктесінде сынамаларды іріктеп алу кезеңіндегі элементтердің шоғырлануының өзгеруі бейнеленген (2-сурет).



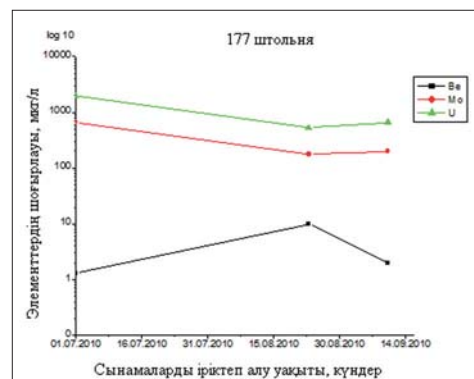
а)



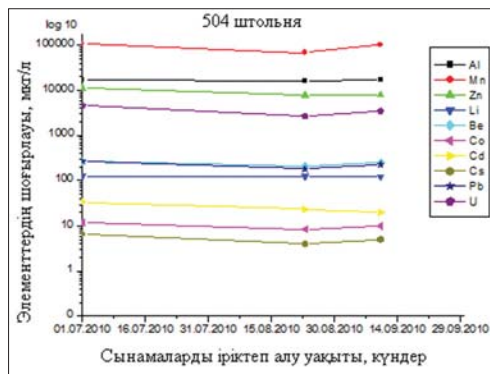
б)



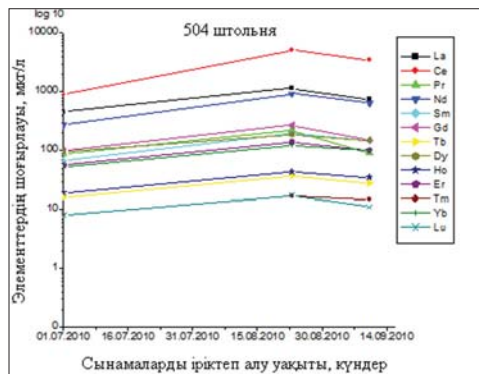
в)



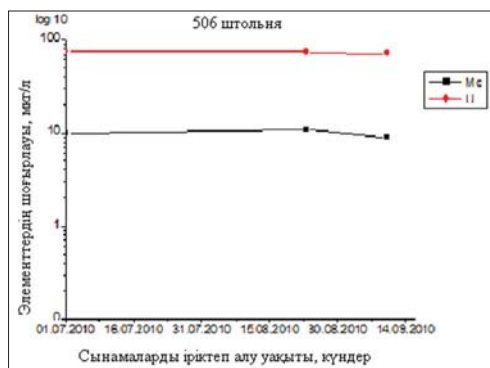
г)



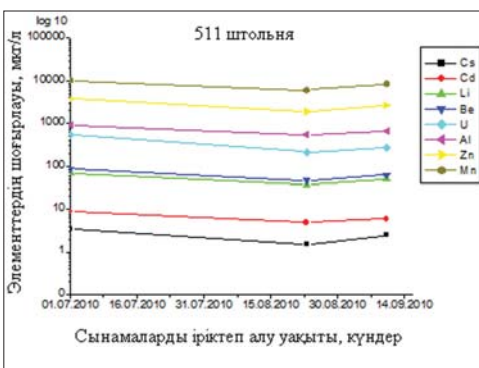
д)



е)



ж)



з)

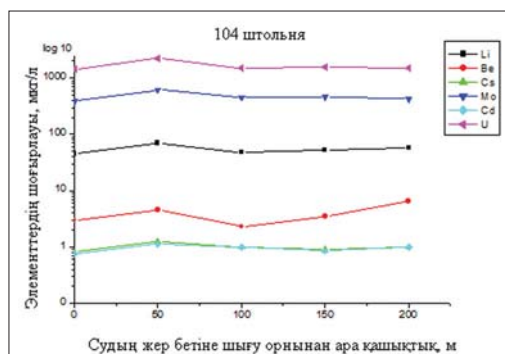
2-Сурет. Ағын судың күндізгі жер бетіне шығу нүктесінде сынамаларды іріктеп алу кезеңіндегі элементтердің шоғырлануының өзгеруі: а) №104 штольня, б) №165 штольня, в) №176 штольня, г) №177 штольня, д) №504 штольня, е) №504 штольня, ж) №506 штольня, з) №511 штольня

Ұсынылған нәтижелер бақылау уақыты ішінде анықталған элементтердің шоғырлануы 5-тен 15 % дейін аз ғана өзгереді туралы қорытынды жасауға мүмкіндік береді. Ағын сулардың көбі үшін судағы элементтердің шоғырлануының тамызда азаюы тән, бұл ағын судың маусымдық дебитінің өзгеруіне байланысты болуы мүмкін.

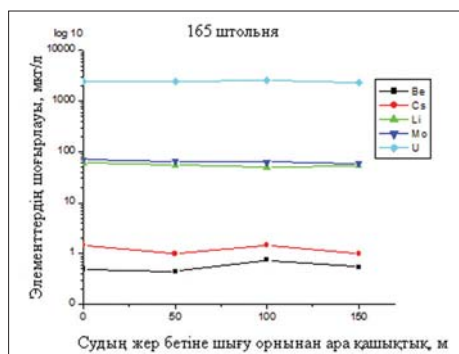
Алайда №165 штольняның суында сынамаларды іріктеп алу кезеңінде АМ құрамының өзгеруі іс жүзінде жоқ. Сондай-ақ №504 штольняның суындағы лантаноидтардың максималды құрамы тамызда байқалатынын атап өткен дұрыс, бұл №177 штольня суындағы берилий үшін де тән.

3.3. Ағын сулардың ағысы бойынша АМ құрамының өзгеруін зерттеу

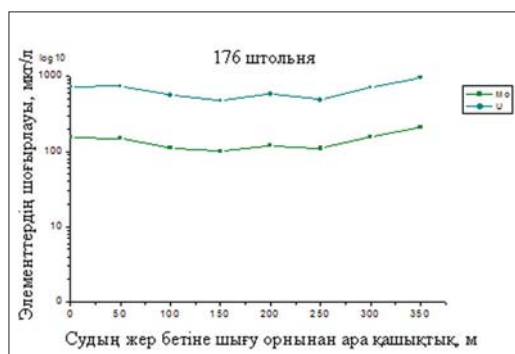
3-суретте судағы аса маңызды элементтер шоғырлануларының судың күндізгі жер бетіне шығар орнынан ара қашықтығына байланысты берілген.



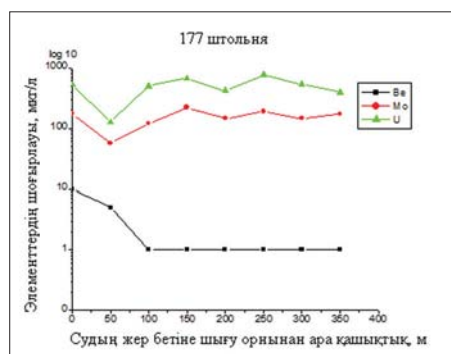
а)



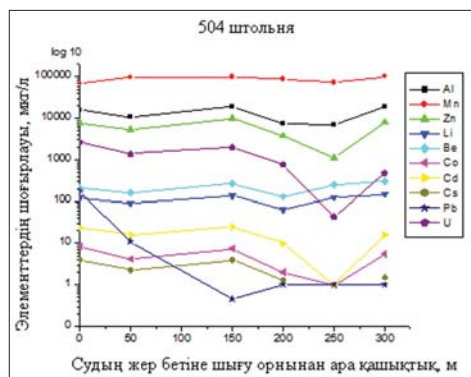
б)



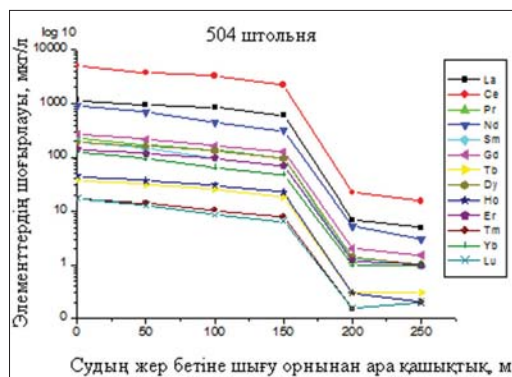
в)



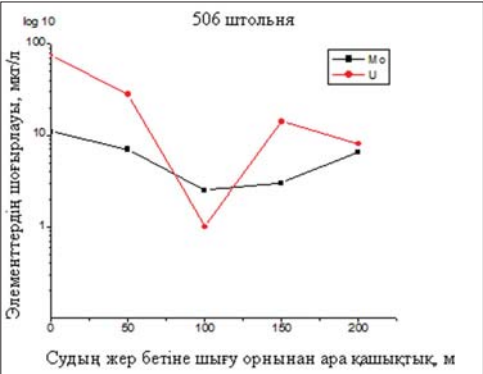
г)



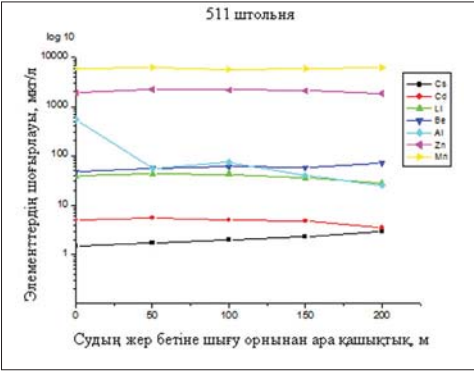
д)



е)



ж)



з)

3-Сурет. Судағы элементтер шоғырлануларының судың күндізгі жер бетіне шығар орнынан ара қашықтығына байланысты өзгеруі: а) №104 штольня, б) №165 штольня, в) №176 штольня, г) №177 штольня, д) №504 штольня, е) №504 штольня, ж) №506 штольня, з) №511 штольня

Алынған нәтижелерді бағалай отырып, мынаны ескеру қажет:

- 1. №504 штольня суындағы лантаноидтардың құрамы 200 м дейінгі ара қашықтықта іс жүзінде нөлге дейін азаяды (аппаратураның анықтау шегі);
- 2. U, Mo, Cd, Pb және т.б. сияқты басқа анықталған элементтердің өзгеруі қандай да бір заңдылыққа бағынбайды, бұл зерттеулер аумағының шектеулі болуына, сондай-ақ осы элементтердің жоғары жылыстау қасиеттеріне байланысты болуы мүмкін;
- 3. №177, №506 штольнялардан басқа барлық ағын сулардағы берилий судың күндізгі жер бетіне шығар орнынан максималды алыстауында анықталады, бұл сондай-ақ осы элементтің жоғары жылыстау қасиеттеріне байланысты.

Топырақ жамылғысының ластану механизмін бағалау үшін №504 және №177 штольняларда ағын сулардың жағалаулары бойынша іріктеп алынған топырақтар талданды.

3.4. №504 және №177 штольнялар сағалды алаңдарының топырағындағы АМ құрамы

3-кестеде №504 штольня суларының жағалаулары бойынша іріктеп алынған топырақ сынамаларының қышқылды сығындыларындағы сынамаларды іріктеп алу-дың бейіні бойынша химиялық элементтердің орташаарифметикалық шоғырлануы берілген.

3-Кесте.

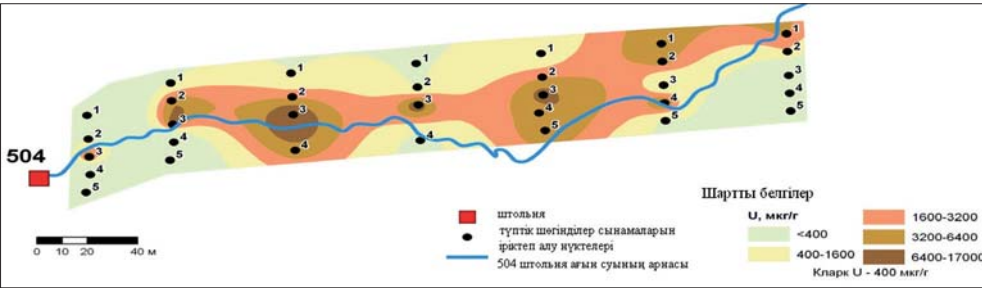
№504 штольня топырағының сілтілеріндегі элементтердің орташа шоғырлануы

Бейін №	1	2	3	4	5	6	7	Кларк Виногра- дов бойынша
мг/г								
Mn	4,0±0,4	3,9±0,4	12,0±1,0	5,1±0,5	14,0±1,0	17,6±1,5	13,7±1,3	1,0
La	1,0±0,1	1,3±0,1	2,2±0,2	2,3±0,2	5,2±0,5	6,3±0,6	2,1±0,2	0,049
Ce	5,8±0,5	6,9±0,7	11,5±1,0	10,0±1,0	19,8±2,0	19,7±2,0	5,0±0,5	0,070

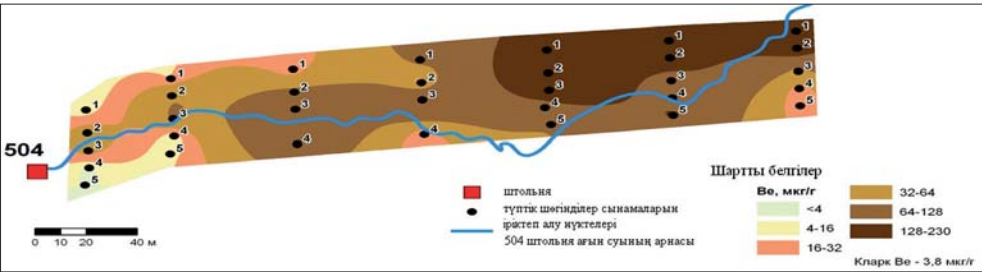
Бейін №	1	2	3	4	5	6	7	Кларк Виноградов бойынша
U	2,2±0,2	2,8±0,2	6,2±0,6	3,8±0,3	4,7±0,4	4,5±0,4	1,0±0,1	0,4
Y	2,5±0,2	3,0±0,3	5,5±0,5	5,2±0,5	11,7±1,0	12,5±1,0	4,3±0,4	0,029
Nd	1,3±0,1	1,3±0,1	2,3±0,2	2,0±0,2	3,5±0,3	3,1±0,3	0,75±0,01	0,037
мкг/г								
Be	20±2	32±3	76±7	63±6	141±14	134±13	90±9	3,8
Sc	835±85	680±70	1230±125	800±80	950±95	1000±100	420±45	10
Li	35±3	28±2	15±1	30±3	17±1	20±2	32±3	32
V	33±3	21±2	12±1	27±2	10±1	13±1	19±2	90
Cr	23±2	15±1	9±1	19±2	8,0±0,7	7,0±0,6	10±1	83
Co	8,0±0,7	6,0±0,6	5,0±0,4	7,0±0,6	6,0±0,5	13,0±1,0	18,0±1,5	18
Ni	35±3	32±3	18±1	18±1	17±1	23±2	50±4	58
Cu	1200±100	66±6	180±15	140±10	160±15	115±10	45±4	47
Zn	720±70	530±50	1000±80	980±80	2350±230	3120±300	2360±230	83
As	7,0±0,7	5,5±0,5	4,5±0,4	6,0±0,6	5,0±0,5	5,5±0,5	8,0±0,8	1,7
Sr	37±3	46±4	135±15	85±8	94±9	82±8	135±15	340
Cd	2,0±0,2	2,0±0,2	2,0±0,2	3,0±0,3	5,0±0,5	9,0±1,0	6,0±0,5	0,13
Cs	5,0±0,5	5,0±0,5	8,0±0,7	3,0±0,3	6,0±0,5	5,0±0,4	3,0±0,2	3,7
Ba	140±10	120±10	120±10	114±10	118±10	200±15	230±15	650
Pr	320±30	370±35	660±65	580±60	1150±100	1000±100	240±25	9
Sm	360±35	380±35	680±65	430±45	820±80	580±55	150±15	
Gd	360±35	400±40	765±75	600±60	1200±100	1000±100	280±25	
Tb	56±5	63±6	130±15	93±8	180±15	160±15	44±4	
Dy	245±25	285±25	560±55	440±40	880±85	780±75	217±20	5
Ho	60±6	65±6	130±10	110±10	220±20	200±20	49±5	1,7
Er	174±15	200±20	390±40	324±35	620±60	578±55	160±15	3,3
Tm	24±2	31±3	55±5	41±4	78±7	77±7	21±2	
Yb	180±15	200±20	370±35	250±25	490±50	370±35	100±10	3,3
Lu	27±2	30±3	55±5	36±4	70±7	50±5	12±1	0,8
Pb	765±75	320±30	100±10	40±4	53±5	29±3	32±3	16

Аса маңызды элементтерді –негізгі ластаушыларды анықтау үшін топырақтағы (кларкта) элементтердің орташа құрамы бар алынған нәтижелермен салыстыру әдісі пайдаланылды, бұл қышқылдық сығындыларға қатысты мүлдем салмақты ой емес, өйткені кларк топырақтағы элементтердің жалпы құрамы ретінде қабылданады. Салыстыру нәтижесінде анықталғаны, Be, U және сирек жер элементтері (СЖЭ) сияқты элементтер №504 штольня үшін негізгі ластаушы болып табылады.

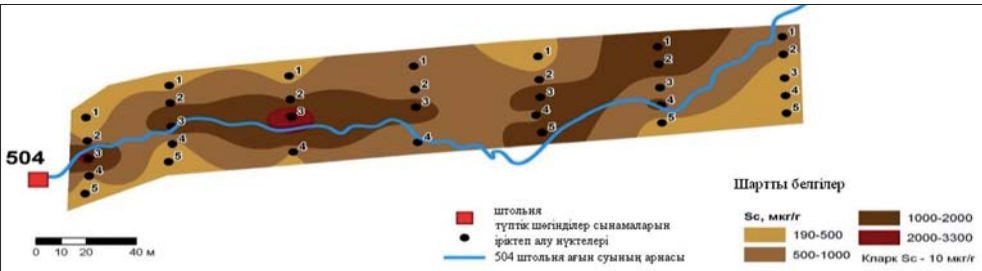
Ауытқымалы мөлшерде бар элементтер үшін элементтердің кеңістіктік таралуының карта-сұлбасы құрылды (4-сурет).



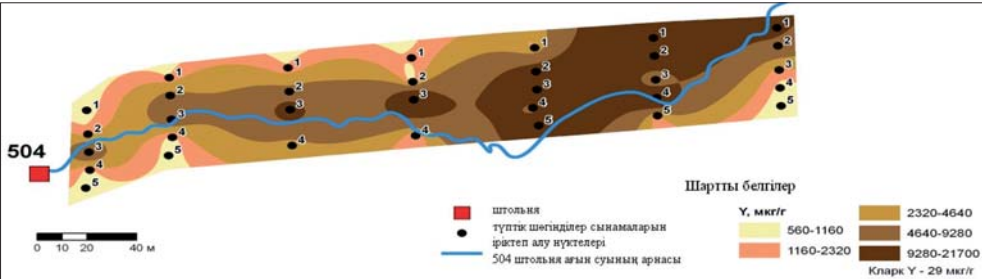
а)



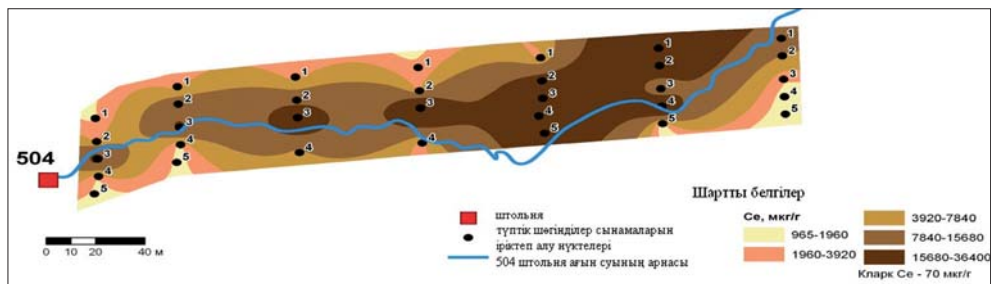
б)



в)



г)

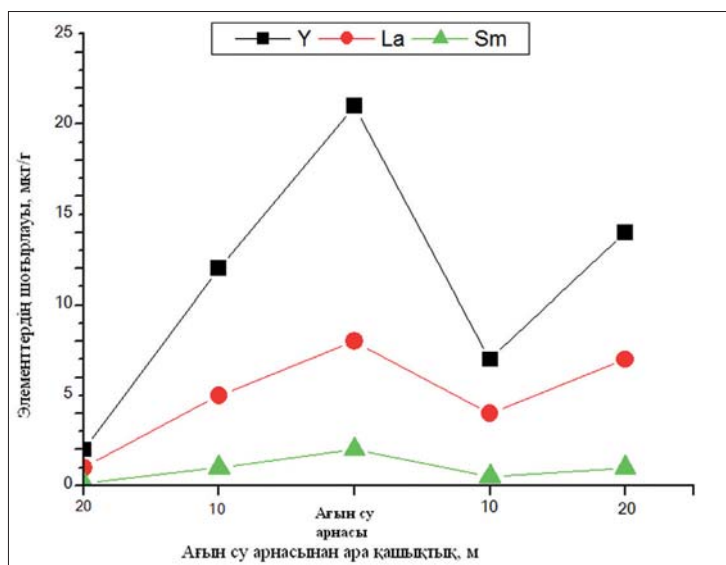


д)

4-Сурет. №504 штольняның порталалды телімдеріндегі топырақтағы кейбір элементтердің таралуының кеңістіктік сұлбасы: а) уран, б) бериллий, в) скандий, г) иттрий, д) церий

Кеңістіктік таралуының алынған деректерінің талдауы уран, бериллий және лантаноидтар сияқты элементтердің ағын суға тікелей жақын шоғырланғандығын және максималды құрамы бар нүктелер бұлақтың арнасына орайластырылғандығын көрсетті.

Аса көрнекі суреттемесі үшін 5-суретте перпендикуляр бейін бойынша лантан мен иттрийдің кіші тобының элементтері шоғырлануының типтік таралуы келтірілген.



5-Сурет. №504 штольня топырағының сілтіленуіндегі элементтердің сынамааларды іріктеп алу бейіні бойынша типтік таралуы

Алынған нәтижелердің талдауы элементтердің максималды шоғырлануы бар нүктелердің ағын судың арнасында екендігі, арнадан 20 м алыстаған сайын АМ құрамының деңгейінің 10 есеге дейін азаятыны туралы қорытынды жасауға мүмкіндік береді.

Бұл порталалды телімнің ластануы штольнялық сулармен лантаноидтардың шығарылуына байланыстығы және олардың порталалды телім топырағының өзіндегі құрамына байланысты еместігі туралы білдіреді.

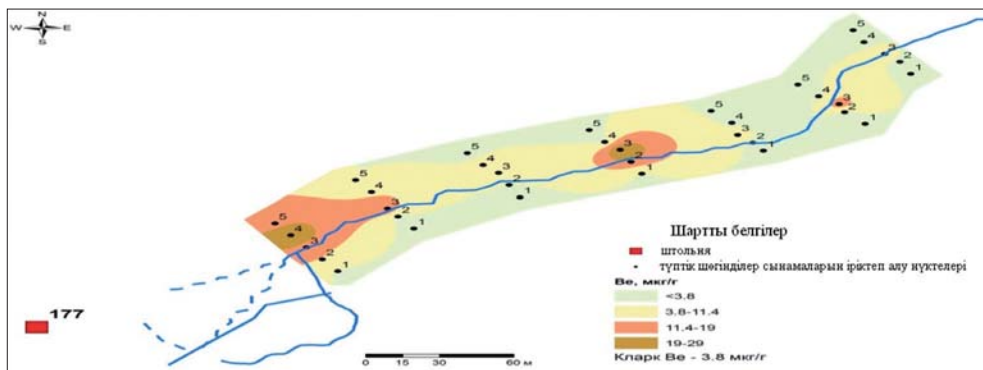
4-кестеде ұқсас деректер №177 штольня бойынша берілген.

4-Кесте.

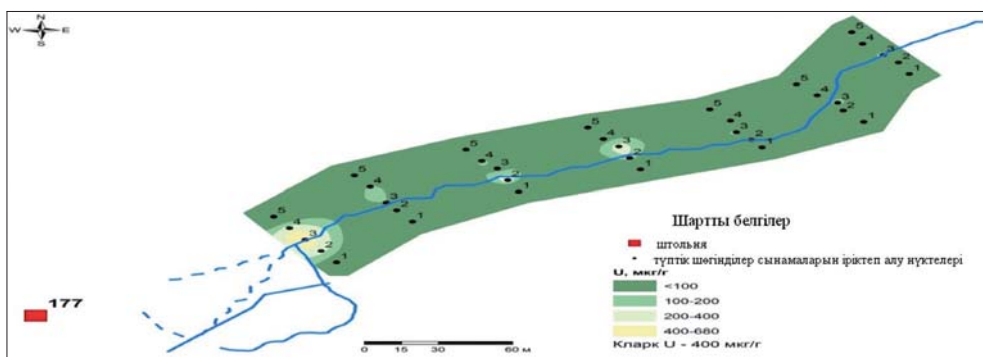
№177 штольня топырағының сілтіленуіндегі элементтердің орташа шоғырлануы

Бейін №	1	2	3	4	5	6	7	Кларк Виноградов бойынша
мкг/г								
Li	25±2	20±2	21±2	20±2	26±2	23±2	25±2	32
Be	14±1	7,0±0,7	4,0±0,4	10±1	3,0±0,3	5,0±0,5	3,0±0,3	3,8
Sc	260±25	170±15	180±15	200±20	270±25	230±20	230±20	10
V	35±3	28±2	30±3	34±3	44±4	39±4	40±4	90
Cr	31±3	22±2	21±2	25±2	30±3	27±2	27±2	83
Mn	450±45	650±60	710±70	920±90	970±90	1280±120	800±80	1000
Co	5,0±0,4	5,0±0,4	5,0±0,4	5,0±0,4	7,0±0,6	7,0±0,6	7,0±0,6	18
Ni	<0,5	6,0±0,5	23±2	<0,5	14±1	<0,5	<0,5	58
Cu	53±4	54±4	33±3	40±4	29±3	28±3	24±2	47
Zn	210±20	160±15	145±15	220±20	105±10	156±14	100±8	83
Sr	127±10	127±10	78±7	79±7	100±8	63±5	55±4	340
Y	1400±140	720±70	670±65	750±70	830±80	780±75	700±65	29
Cd	2,0±0,2	<0,6	<0,6	2,0±0,2	1,0±0,1	1,0±0,1	<0,6	0,13
Cs	4,0±0,3	3,0±0,2	2,0±0,2	2,0±0,2	3,0±0,3	3,0±0,3	3,0±0,3	3,7
Ba	165±15	150±15	130±10	140±10	260±20	220±20	170±15	650
La	510±50	390±35	420±40	440±40	550±50	530±50	510±50	49
Ce	2000±200	1700±150	2200±200	2100±200	3200±300	3100±300	2800±250	70
Pr	120±10	90±9	100±10	100±10	135±12	130±12	120±10	9
Nd	510±50	370±35	400±40	400±40	470±45	460±45	450±45	37
Sm	100±10	70±7	71±7	74±7	96±8	91±8	87±8	
Gd	120±10	76±7	73±7	78±7	106±10	99±10	97±9	
Tb	13,0±1,0	6,5±0,6	6,0±0,6	6,5±0,6	9,0±0,8	7,5±0,7	8,5±0,8	
Dy	72±7	40±4	39±4	43±4	56±5	53±5	50±5	5
Ho	16,0±1,5	8,0±0,8	7,5±0,7	8,5±0,8	10,0±1,0	10,0±1,0	9,0±0,8	1,7
Er	55±5	28±2	27±2	29±2	39±3	35±3	32±3	3,3
Tm	5,0±0,5	2,0±0,2	1,0±0,1	1,0±0,1	2,0±0,2	1,0±0,1	1,0±0,1	
Yb	50±5	25±2	24±2	27±2	33±3	30±3	26±2	3,3
Lu	5,0±0,5	3,0±0,3	1,0±0,1	1,0±0,1	2,0±0,2	2,0±0,2	1,0±0,1	0,8
Pb	25±2	33±3	22±2	29±3	33±3	39±3	27±3	16
U	271±25	48±4	132±15	106±10	42±4	70±7	47±4	

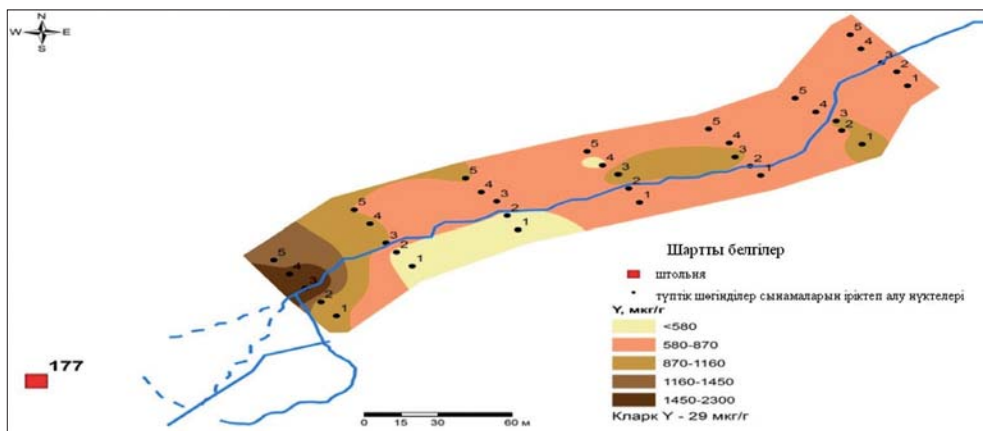
Кларкпен салыстырудың пайдаланылған әдісін қолдана отырып, элементтердің келесі қатары: Be, Y, U, Ce, Pr, Cd анықталды, олар негізгі ластаушы құрауыштар ретінде қарастырылады.



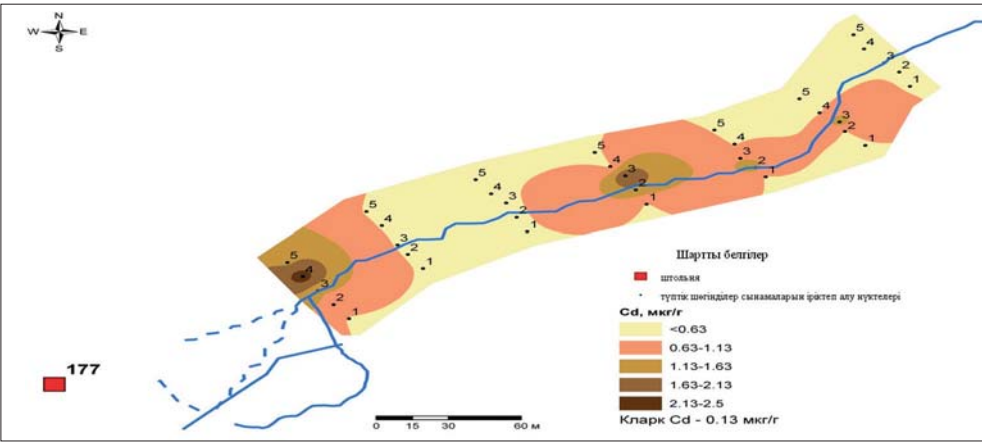
а)



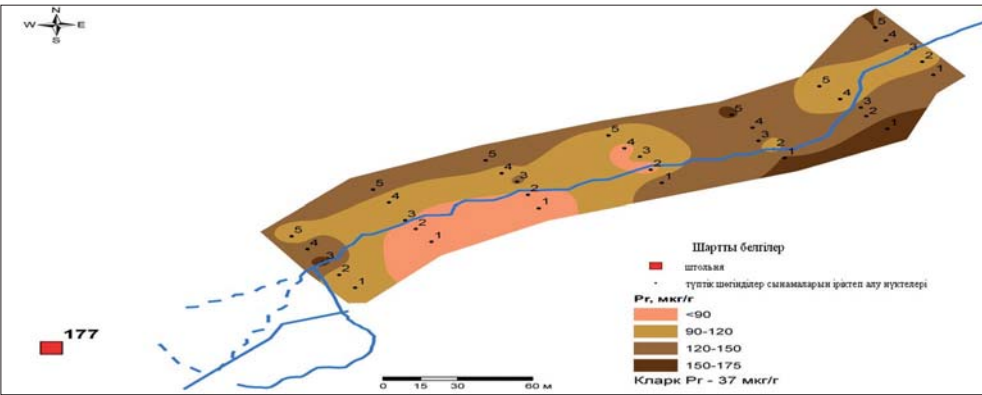
б)



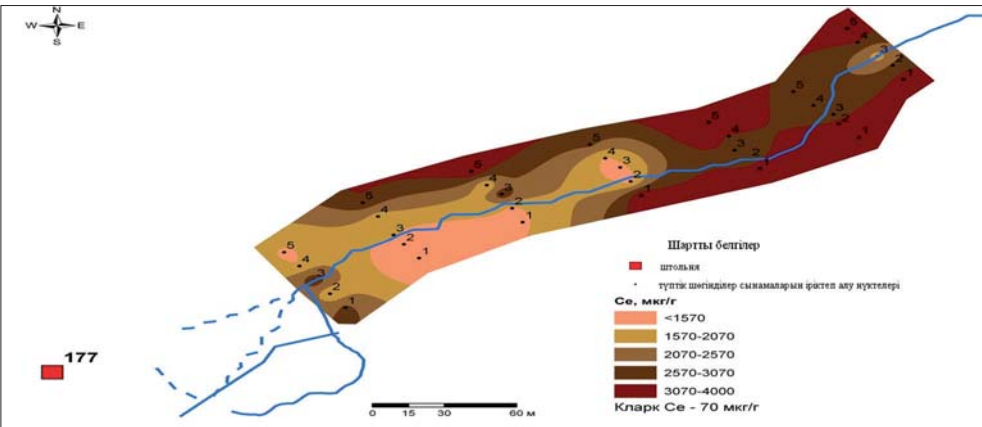
в)



г)



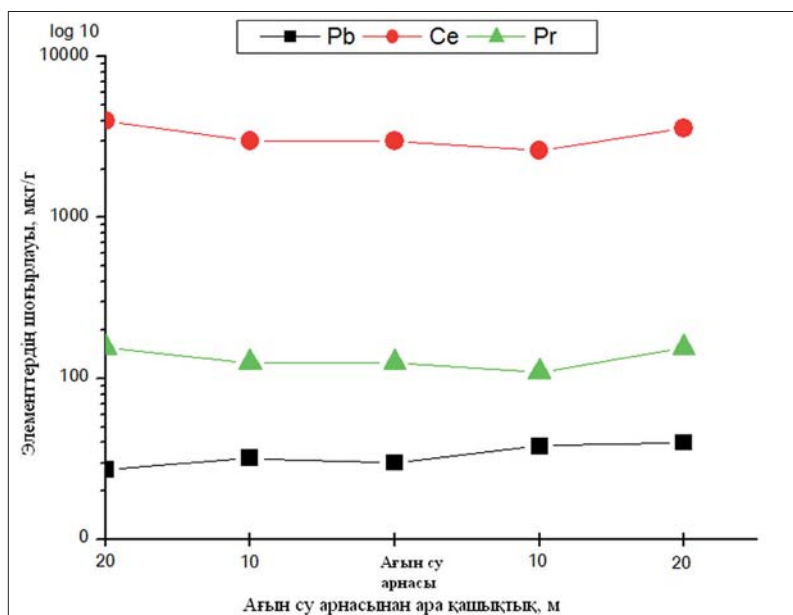
д)



е)

6-Сурет. №177 штольняның порталалды телімінің топырағындағы кейбір элементтердің таралуының кеңістіктік сұлбасы: а) бериллий, б) уран, в) иттрий, г) кадмий, д) празеодим, е) церий

Аталған штольняның топырағында сондай-ақ лантан кіші тобының элементтері анықталды, бірақ ағын суында олар байқалған жоқ. Бұл аталған элементтердің жоғары шоғырлануы олардың штольнялық сулармен шығарылуының салдары емес екендігі, ал зерттеліп жатқан аумақтың геометриялық ерекшеліктеріне байланысты екендігі туралы білдіреді. Аталған факт анықталған элементтердің кеңістіктік таралуымен де дәлелденеді, зерттелген элементтердің максималды құрамы ағын судың арнасында жоқ (7-сурет).



7-Сурет. №177 штольня топырағының сілтіленуіндегі элементтердің сынамаларды іріктеп алу бейіні бойынша типтік таралуы

ҚОРЫТЫНДЫ

Жоғарыда келтірілген тәжірибелік деректер ССП, оның ішінде «Дегелең» алаңындағы экологиялық ахуалды радиациялық және «радиациялық емес» факторлардың күрделі жүйесі ретінде қарастыруға мүмкіндік береді. Аталған жұмыстың негізі қорытындыларына келесілерді жатқызуға болады:

1. Барлық зерттелген штольнялық сулар үшін уран, бериллий және молибденнің жоғары шоғырлануы тән, бұл кезде кейбір штольня суларындағы (№104 штольня) молибденнің деңгейі аталған климат үшін судағы оған тән құрамынан 800 есеге дейін аспайды;
2. №504 штольня суы өзінің элементтік құрамы бойынша, анығында, лантан кіші тобының элементтерінің (СЖЭ жиынтығы ~ 4 мг/л), құрамы бойынша, сондай-ақ шоғырлануын макроэлементтер шоғырлануларымен салыстыру-

ға болатын алюминий, марганец, мырыштың құрамы бойынша абсолютті бірегей болып табылады;

3. Салыстырылатын ^{238}U табиғи изотопының α -нуклидтерінің радиоактивтілігі және $^{239+240}\text{Pu}$ изотоптарының құрамы бойынша нәтижелердің талдауы радиациялық қауіп пен ықтимал дозалық жүктеме тұрғысынан табиғи уранның зерттелген сулар үшін үлкен маңыздылығын көрсетті. Осыған байланысты, аталған факторды ССП нысандарының радиациялық қауіпін бағалау кезінде ескеру қажет;
4. №504 штольняның сағаалды алаңындағы топырақта СЖЭ жоғары шоғырлануы көп дәрежеде аталған штольняның ағын суларымен АМ шығарылуына байланысты. №177 штольня топырағының СЖЭ жоғары құрамы бар, біраз оған себеп – аталған аумақтың геохимиялық ерекшеліктері.

Мақала авторлары ҚР ҰЯО Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының барлық қызметкерлеріне дала жұмыстарын ұйымдастыруда және алынған деректерді өңдеуде көрсеткен көмектері үшін алғыстарын білдіреді.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. Қазақстан радиоэкологиясының өзекті мәселелері [Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының 2007 – 2009 жж. еңбектер жинағы] / Лукашенко С.Н. басшылығымен – 2-шығарылым – Павлодар: Баспа үйі, 2010. – 527 б.: ил.- Библиогр.: Б.518. - ISBN 978-601-7112-32-5.
2. Шварцев С.Л. Гипергенез аймағының гидрогеохимиясы /С.Л. Шварцев. - М.: НЕДРА, 1998.
3. СанЕж/еН 2.1.4.1074-01.
4. Isotopic Compositions of the Elements 1989, Pure Appl., Chem. - Vol.63. - No.7
5. Виноградов А.П. Жер қыртысының атқылаған тау жыныстарының негізгі типтеріндегі химиялық элементтердің орташа құрамы / А.П. Виноградов // Геохимия. – 1962. - №7.
6. Шоу Д.М. Кристалл жыныстары микроэлементтерінің геохимиясы / Д.М. Шоу. - Л: НЕДРА, 1969.
7. Беус А.А. Қоршаған ортаның геохимиясы /А.А. Беус, Л.И. Грабовская, Н.В. Тихонова // Геохимия. - М.: НЕДРА, 1976.
8. Войткевич Г.В. Геохимия жөніндегі анықтамалық / Г.В. Войткевич, А.В. Кокин, А.Е. Мирошников, В.Г. Прохоров. - М.: НЕДРА, 1990.
9. Энерглин У. Аналитикалық геохимия / У. Энерглин, Л. Брили. - Л.: НЕДРА, 1975.

ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ПРИПОРТАЛЬНЫХ УЧАСТКОВ ПЛОЩАДКИ ДЕГЕЛЕН

Лукашенко С.Н., Амиров А.А.

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

В статье представлены данные о содержании тяжелых металлов в воде и почве водотоков штолен площадки Дегелен. Исследовано содержание 45 химических элементов. По данным исследований было установлено аномально высокое содержание ряда элементов в воде по отношению к их среднему значению в природной воде для данного климатического пояса. Аномальное превышение концентрации имеет место для молибдена, бериллия, урана в воде 8 водотоков и редкоземельных элементов в воде штольни №504, определены пространственные характеристики тяжелых металлов в почвах. Сделаны выводы о том, что основной фактор загрязнения почв припортальных участков связан с выносом тяжёлых металлов штольневými водами. Также отмечается необходимость постоянного контроля содержания природного урана в воде как фактора радиационного риска.

Ключевые слова: уран, тяжелые металлы, штольня, портал, вода, кларк, лантаноиды, загрязнение, водоток, СИП.

FACTORS FOR FORMATION OF CONTAMINATION AT NEAR-PORTAL AREAS OF DEGELEN SITE WITH HEAVY METALS

S. N. Lukashenko, A. A. Amirov

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

The paper presents data on heavy metals in water and soil of watercourses of Degelen site. The content of 45 chemical elements has been studied. The studies found abnormally high levels of some elements in water, relative to their average value in natural water for this climatic zone. Abnormal excess concentration is the case for molybdenum, beryllium, uranium in water of 8 watercourses and rare earth elements in the water in the tunnel #504, there were identified the spatial characteristics of heavy metals in soils. A conclusion has been made on that the main factor for soil contamination at near-portal area is associated with the removal of heavy metals with tunnel waters. Also the paper notes the need for continuous monitoring of the content of natural uranium in water as a factor of radiation risk.

Key words: uranium, heavy metals, tunnel, portal, water, clark, lanthanides, contamination, watercourse, STS.

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

УДК 577.4:504.064:614.876:539.16

**«ФУКУСИМА-1» АЭС АПАТЫНЫҢ ҚАЗАҚСТАН
РЕСПУБЛИКАСЫНДАҒЫ РАДИАЦИЯЛЫҚ
ХАЛ-АХУАЛҒА ӘСЕРІН БАҒАЛАУ**

**¹Лукашенко С.Н., ¹Айдарханов А.О., ¹Тимонова Л.В., ²Силачев И.Ю.,
²Милиц О.С., ³Рсымбетова Р.С.**

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

² ҚР ҰЯО Ядролық физика институты, Алматы, Қазақстан

**³Санитарлық-эпидемиологиялық сараптамалаудың
Маңғыстаулық облыстық орталығы, Ақтау, Қазақстан**

Бұл мақалада Қазақстан Республикасының аумағындағы ауа ортасын мониторингілеу нәтижесі келтірілген. «Фукусима-1» АЭС апаттық жағдай ауа және су ортасының техногенді радионуклидтермен радиоактивті ластануына алып келді. Жапония аумағы және едәуір арақашықтықта орналасқан, оған көршілес мемлекеттердің аумағы радиоактивті ластануға ұшырады. Қазақстан Республикасының Ұлттық Ядролық Орталығының (ҚР ҰЯО) мамандары ҚР радиациялық хал-ахуалына апаттың әсер ету салдарын бағалау жұмыстарын жүргізді. ҚР ауа ортасында техногенді радионуклидтердің орын алғаны анықталды, алайда оның мөлшері ҚР Радиациялық қауіпсіздік нормаларымен бекітілген мәннен аспайды (РҚН-99).

Түйін сөздер: Радиациялық мониторинг, гамма-спектрометриялық өлшеулер, ¹³¹I, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs техногенді радионуклидтері, атмосфералық ауаның сынамаалғыштары, ұжымдық доза.

КІРІСПЕ

2011 ж. 11 наурызда, қиратушы жер сілкінісі мен оның артынан болған цунамидің нәтижесінде Жапонияда «Фукусима-1» АЭС апат орын алды. Үш күн бойы 4 энергоблоктан радиация бөліну көрінісі байқалды. Бұл жағдай қоршаған ортаға радиоактивті заттектердің ауқымды көлемде шығуына алып келді. Жапония мен басқа мемлекеттердің аумағының су және ауа ортасы радиоактивті ластануға ұшырады [1, 2].

Қазақстан Республикасының аумағына апат салдарының әсерін бағалау үшін 2011 ж. 15 наурызда ҚР ҰЯО қызметкерлері қоршаған ортаның радиациялық мониторингін ұйымдастырды, оған аэрозолдер сынамаларын іріктеп алу және оларды техногенді радионуклидтердің шоғырлануына анықтауға зертханалық талдау жұмыстары кірді.

Бақылау бекеттері Курчатов қ. ҚР ҰЯО Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының, Алматы қ. ҚР ҰЯО Ядролық физика институтының, Ақтау қ. Санитарлық-эпидемиологиялық сараптамалаудың Маңғыстаулық облыстық орталығының базасында ұйымдастырылды. Сондай-ақ мониторинг кезінде Курчатов қ. 120 км оңтүстік-батысқа қарай, «Қаражал» флюорит кенорнының, «Дегелең» сынақ алаңының аумағында орналасқан бекеттерден алынған деректер пайдаланылды (1-сурет).



1-Сурет. Мониторинг бекеттерінің орналасу сұлбасы

1. ТӘЖІРИБЕНІ ЖҮРГІЗУ ТЕХНИКАСЫ

Атмосфералық ауаның техногенді радионуклидтермен ластану дәрежесін анықтау үшін аэрозоль сынамаларын іріктеп алу ауадан радиоактивті заттектердің сынамаларын іріктеп алудың негізгі принциптерін ескере отырып, аспирациялық әдіспен жүргізілді [3]. Әдістің мәнісі ауаның нақты бір көлемінің сүзгіш арқылы үрленуінде, одан соң әдістемеге сәйкес сүзгішті радионуклидтердің құрамына зертханалық талдау жүргізіледі. Үрленетін ауаның қажетті көлемі зертханалық өлшеулерді, және анықталатын радионуклидтер бойынша нормативті деңгейді есепке ала отырып жүргізу кезінде пайдаланылатын спектрометриялық аппаратураның техникалық сипаттамасына қарай есептелді.

Спектрометриялық жабдықтың техникалық сипаттамасын есепке ала отырып, бір сынаманың үрленетін ауа көлемі $n \cdot 10^3 \text{ м}^3$ құрауға тиіс екендігі анықталды.

Сыртқы ортаның дайындалған үлгілеріне гамма-спектрометриялық өлшеулер МИ 2143-91 РК гамма-спектрометрінде өлшеулер орындау әдістемесіне сәйкес жүргізілді [4]. Үлгіні өлшеу уақыты 8 сағ. аз құрады.

Аэрозоль сынамаларын іріктеп алу үшін сүзгіш ретінде барлық нүктелерде қалыңдығы 0,2 мм Петряновтың синтетикалық сүзгіш перхлорвинил матасы пайдаланылды (ФПП-15-1,5). Петрянов матасының материалы – бұл дәке қабатына салынған, орташа өлшемі 1,5 мкм, ультражіңішке талшық. Май тұманы бойынша өтіп шығу коэффициенті 0,1 тең.

1.1 Аэрозоль сынамаларын іріктеп алу

Курчатов қаласы

Аэрозоль сынамаларын іріктеп алу қондырғысы ретінде «ЭПРАМ-01-СОЛО» қондырғысы қолданылды. Қондырғы зиянды заттектердің газ-аэрозоль қоспаларымен жоғары ластанған ауа сынамаларын іріктеп алуға арналған автоматтық стационарлық аспап түрінде берілген. Үрленетін ауаның көлемі – 2000 л/мин, ауаның ауқымды шығынының салыстырмалы дәлсіздігі $\pm 5\%$, сүзу ауданы 4400 см². Сүзу жылдамдығы 4,6 м/сек құрады.

Сүзгіштерді ауыстыру тәулік сайын жүргізілді, әр іріктеп алынған сынаманың ауқымы шамамен 2800 м³ құрады.

Алматы қаласы

Аэрозолдар сынамаларын іріктеп алу ҚР ҰЯО Ядролық физика институтының аумағында жүргізілді. Сынамаларды іріктеп алу қондырғысы ретінде институттың қызметкерлері әзірлеген стационарлық қондырғы пайдаланылды. Аталған қондырғының жұмыс қабілеттілігі – 70 м³/сағ. Аэрозолдар сынамаларын іріктеп алу ауданы 225 см² сүзгіште жүзеге асты. Сүзу жылдамдығы 3100 м/сек құрады.

Бір сынаманы іріктеп алу ұзақтығы – 24 сағ., үрленген ауаның көлемі – 1700 м³.

Ақтау қаласы

Ақтау қаласында аэрозолдар сынамаларын іріктеп алу «ЭПРАМ-01-СОЛО» қондырғысының көмегімен жүргізілді. Сынамаларды іріктеп алу тек күндізгі (жұмыс) уақытта, яғни тәулігіне 8 сағ. аз жұмыс істеді. Аэрозолдардың бірінші сынамасы Ақтау қаласында 42 күн ішінде іріктеп алынды. Үрленген ауаның жалпы көлемі шамамен 22 500 м³ құрады. Көлемі 7900 м³ құраған екінші сынама 10 күн ішінде іріктеп алынды.

«Қаражал» флюорит кенорнының аумағы

«Қаражал» флюорит кенорнының аумағында аэрозолдар сынамаларын іріктеп алу үшін өнімділігі 346 м³/сағ. АКЛ-4 қондырғысы қолданылды. Қондырғы үздіксіз режімде 15 күн ішінде жұмыс істеді. Сүзгіш ауданы 1660 см² құрады. Аталған сүзудің жылдамдығы – 34 м/сек.

Бір сынама үшін үрленген ауаның көлемі 130000 м³ құрады.

«Дегелең» сынақ алаңы

«Дегелең» сынақ алаңында өнімділігі 650 м³/сағ. Тайфун-4 қондырғысы қолданылды. Қондырғы жұмыс уақытында тәулігіне шамамен 8–10 сағат жұмыс істеді. Сынаманы іріктеп алудың жалпы уақыты – 27 сағат. Сүзу жылдамдығы 0,5 м/сек.

Үрленген ауаның көлемі 16 000 м³ құрады.

1.2 Гамма-спектрометриялық талдау

Аэрозолдар сынамаларын гамма-спектрометриялық талдауға дайындау сол арқылы ауаның нақты бір көлемі сүзгішті ауада техногенді радионуклидтердің құрамына өлшеу жүргізілген детектордың диаметрінен көп емес геометриялық цилиндр тәріздес арнайы престейтін қондырғыда престоуде болды.

Дайын болған сүзгіштер «ORTEC» фирмасының гамма-спектрометрлерінде өлшенді, оның келесідей өзіне тәне конфигурациясы бар:

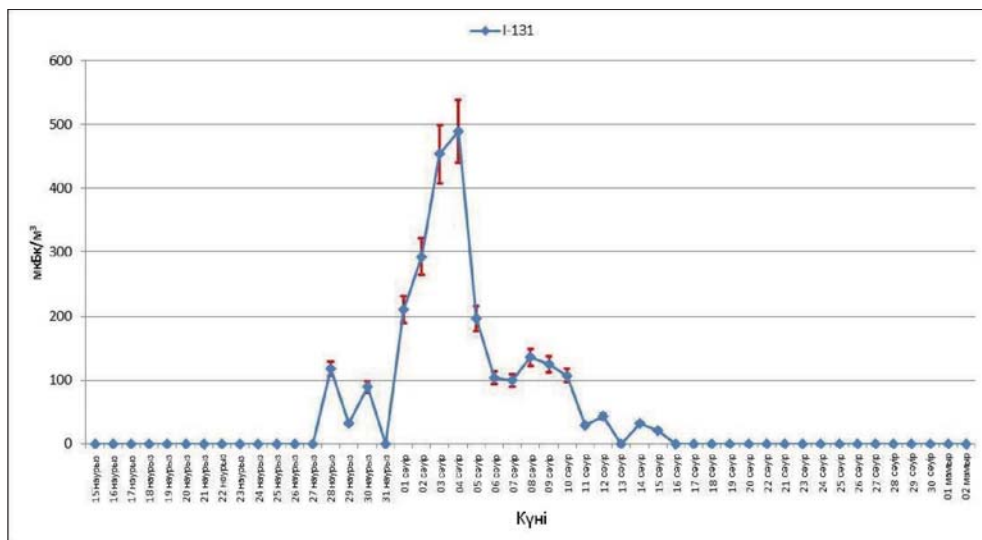
- коаксиалды жартылай өткізгіш детектор «ORTEC», 1,33 МэВ ^{60}Co – 1,9 кэВ желісі бойынша рұқсатты GMX20-P4 бериллий терезесі бар, CFG-PV4 криостаты бар аса таза германийден жасалған кристалл негізінде, Дьюар DRW-30 ;
- NEGGE жоғарывольтты қуат көзі бар DSPEC-jr-2.0-NEGGE сандық көпарналы анализатор;
- «MAESTRO-32» бағдарламалық қамтамасыздандыруы бар ДК кіру-шығу қондырғысы;
- қорғаныштық қорғасын үйшік.

Зерттеліп жатқан үлгінің гамма-спектр сапалық талдауы «MAESTRO-32» бағдарламалық пакеттің көмегімен жүргізілді, сәйкестендірілген радионуклидтердің сандық талдауы «AnalGamma» бағдарламасы көмегімен жүзеге асты.

2. ЖҰМЫСТАР НӘТИЖЕЛЕРІ

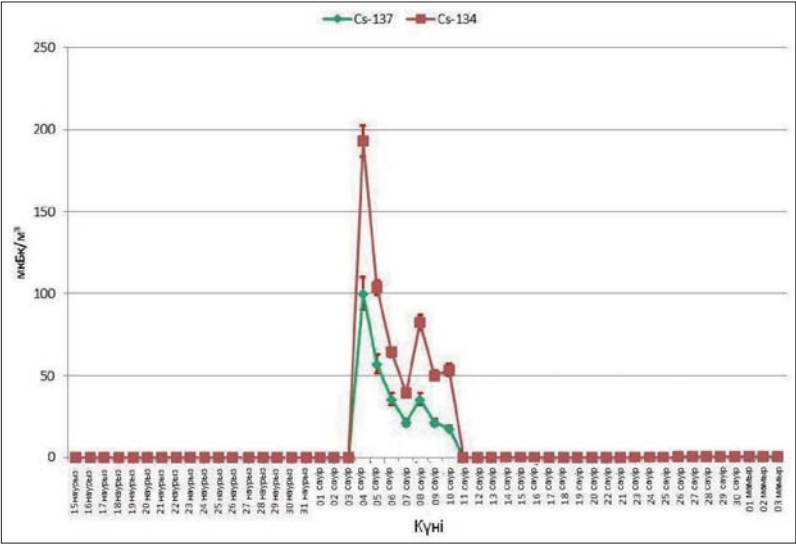
2.1 Курчатов қ. мониторинг

Зертхналық зерттеулердің нәтижелері кесте түрінде 2 және 3-суреттерде берілген.



2-Сурет. Курчатов қ. ауасында ^{131}I таралу сипаты

2-суретте берілген деректер бойынша ^{131}I алғашқы пайда болуы 28 наурыздан бастап байқалғаны көрінеді. Максималды шоғырлану 4 сәуірде байқалды (500 кБк/м³).



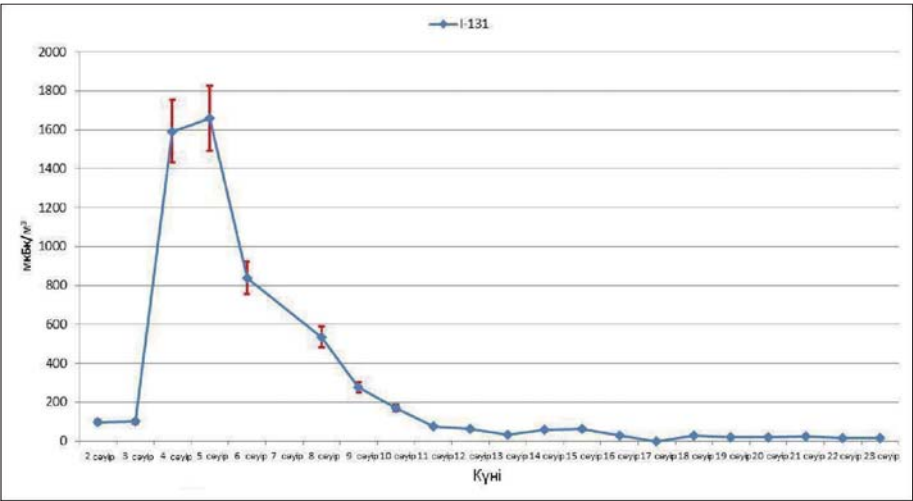
3-Сурет. Курчатов қ. ауасында ^{134}Cs және ^{137}Cs таралу сипаты

Пайда болуы техногенді ^{134}Cs және ^{137}Cs радионуклидтерімен біршама басқаша көрініс байқалады. Олардың максималды шоғырлануы пайда болудың бірінші күнінде – 4 сәуірде тіркелген (30–50 мБк/м³).

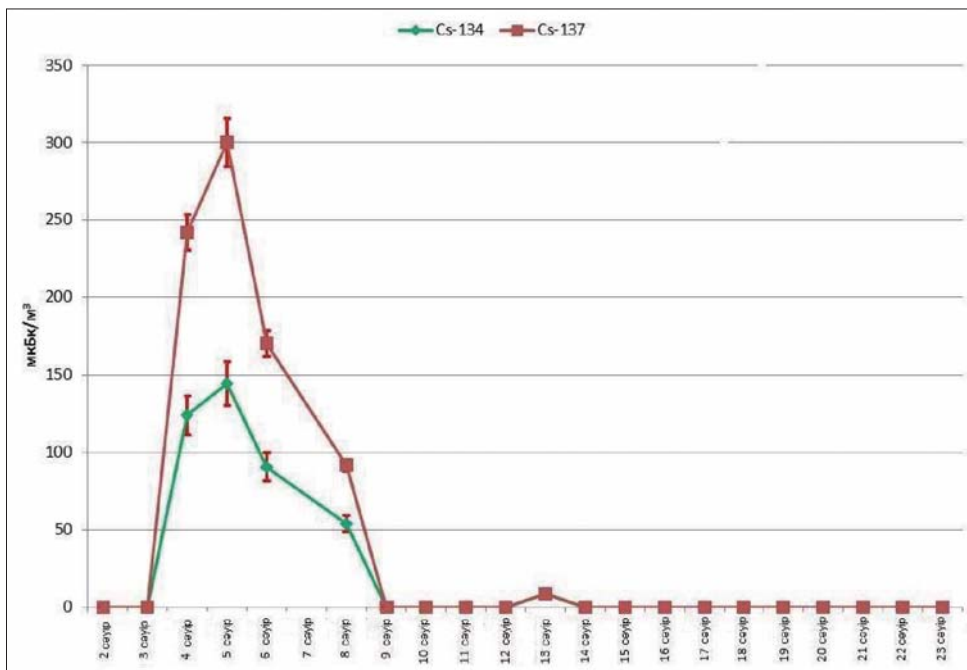
2.2 Алматы қ. мониторинг

Ұқсас деректер Алматы қ. ҚР ҰЯО ЯФИ қызметкерлерінің жүргізген мониторингілік бақылау нәтижелерінде алынған.

Алматы қ. ауа мониторингі нәтижелері 4 және 5-суреттерде берілген.



4-Сурет. Алматы қ. ауасында ^{131}I таралу сипаты



5-Сурет. Алматы қ. ауасында ^{134}Cs және ^{137}Cs таралу сипаты

2.3 Ақтау қ. мониторинг

^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs радионуклидтері сондай-ақ Ақтау қ. ауасында байқалған. Зертханалық зерттеу нәтижелері 1-кестеде берілген.

1-Кесте.

Ақтау қ. аэрозолдарының зертханалық зерттеу нәтижелері

Іріктеп алу күні	^{131}I , мБк/м³	^{134}Cs , мБк/м³	^{137}Cs , мБк/м³
16.02.11 - 29.03.11	$2,0 \pm 0,2$	< 20	3,0
30.03.11 - 08.04.11	$50,0 \pm 0,5$	100 ± 10	100 ± 10

2.4 Қаражал кенорны мен Дегелең алаңындағы мониторинг

Техногенді радионуклидтердің болуы сондай-ақ Курчатov қ. 120 км арақашықтықта Қаражал флюорит кенорны аумағында және «Дегелең» сынақ алаңында тіркелген. Мұнда сондай-ақ ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs радионуклидтері табылған.

Зертханалық зерттеулер нәтижелері 2-кестеде берілген.

2-Кесте.

Қаражал к. мен Дегелең ал. аэрозолдардың зертханалық зерттеу нәтижелері

Іріктеп алу нүктесі мен күні	^{131}I , мкБк/м ³	^{134}Cs , мкБк/м ³	^{137}Cs , мкБк/м ³
«Дегелең» сынақ алаңы, 11.04.11	50,0 ± 5	30,0 ± 3	50,0 ± 5
Қаражал кенорны, 01.04.11–15.04.11	1,0 ± 0,1	< 0,8	2,0 ± 0,2

3. НӘТИЖЕЛЕРДІ ТАЛҚЫЛАУ

Жүргізілген ауа ортасының мониторингімен ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs техногенді радионуклидтерінің бар болуы ҚР аумағындағы барлық жерде әр түрлі зертханалардың деректерімен 28 наурыздан 14 сәуірге дейінгі кезеңде байқалғаны анықталды.

Қазақстан Республикасының түрлі аудандарының ауа бассейнінде тіркелген техногенді радионуклидтердің максималды шоғырлануы кестеде берілген (3-кесте).

1-Кесте.

ҚР ауадағы техногенді радионуклидтердің максималды шоғырлануы

Іріктеп алу нүктесі	^{131}I , мкБк/м ³	^{134}Cs , мкБк/м ³	^{137}Cs , мкБк/м ³
Курчатов қ.	500 ± 5	100 ± 20	90 ± 8
Алматы қ.	1700 ± 100	140 ± 15	300 ± 15
Ақтау қ.	50 ± 5	100 ± 10	90 ± 9
РКБ _{түрі} , мкБк/м ³ (НРБ-99)	7300 000	19 000 000	27 000 000

Ауа ортасында техногенді радионуклидтердің пайда болуы тікелей «Фукусима-1» АЭС апатқа байланысты деген болжамды растау үшін $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ изотопты арақатынастарының талдауы жүргізілді. Аталған радионуклидтердің ауа бассейніне түсуінің бір көзі болған жағдайда көрсетілген изотоптардың арақатынастары сақталуға тиіс. Америка Құрама Штаттары бойынша деректер [5] алынды (4-кесте).

4-Кесте.

 $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ изотоптарының арақатынастары

№	АҚШ	$^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$	Қазақстан Республикасы	$^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$
1	Dutch Harbor	0,87	Ақтау қ.	0,90
2	Juneau	0,84	Курчатов қ.	0,7
3	Nome	0,88	Алматы қ.	1,2
4	Anaheim	0,82		
5	San Bernardino	0,70		
6	Kauai	0,81		
7	Oahu	0,91		
	АҚШ бойынша орташа	0,83	ҚР бойынша орташа	0,92

^{134}Cs , ^{137}Cs радионуклидтердің «Фукусималық» пайда болуы туралы ^{134}Cs , ^{137}Cs барлық тіркелген жағдайлардағы $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ қатынасы $\approx 0,88$ тең деген дерек айта алады.

Қазақстан Республикасы ауа бассейнінде ^{131}I алғашқы пайда болуы 2011 ж. 28 наурызда байқалғанын, ал ^{134}Cs , ^{137}Cs техногенді радионуклидтердің түсуі 2011 ж. 04 сәуірде тіркелгенін назарға ала отырып, аталған радионуклидтердің кем дегенде 2 түсу процесі болғаны туралы болжам айтуға болады. ^{131}I түсуі бу-ауа қоспасының бірінші шығарындыларымен байланысты болуы мүмкін. ^{134}Cs , ^{137}Cs көздері ретінде АЭС-дағы соңынан болған жарылыстар саналады, ол кезде отын өзектерінің балқуы болған еді.

Қазақстан Республикасы тұрғындарының денсаулығына келтірілген болжамды зиянды бағалау үшін техногенді радионуклидтерден ұжымдық доза анықталған болатын. РҚН-99 сәйкес, ұжымдық тиімді дозадағы 1 адам-Зв сәулелену тұрғындардың өміріне 1 адам-жыл шығына тең ықтимал зиянға әкеледі. Тұрғындардың өміріне 1 адам-жыл шығынына баламалы ақшалай көлем 1 жандық ұлттық кірістен кем емес мөлшерде әдістемелік нұсқаулармен бекітіледі. Орта жандық ұлттық кіріс ҚР 1 азаматына 265,4 АҚШ доллары/ай (39 000 теңге/ай жуық) деп қабылданды.

Есептеу Қазақстан Республикасы тұрғындарының 15 000 000 адамына жасалды. Радионуклидтердің ағзаға түсуі тыныс алу мүшелері арқылы тәулік ішінде үздіксіз жүзеге асты деп есептелді. Дозалық коэффициенттер мәндері, ауамен және тағаммен жылдық түсу шектері, дем алатын ауада ауқымды рауалы белсенділік РҚН-99 2-Қ қосымшасынан алынды.

ҚОРЫТЫНДЫ

«Фукусима-1» АЭС болған апаттың Қазақстан Республикасы ауа бассейнінің радионуклидті ластану деңгейіне нақты әсер көрсеткендігі шынайы анықталды. Бұл кезде РҚН-99 сәйкес, $7,3 \text{ Бк/м}^3$ құраған тұрғындар үшін ауадағы ауқымды рауалы белсенділік деңгейінен ^{131}I бойынша максималды мәндер 14 500 есе төмен.

РҚН-99 сәйкес, $1,9 \cdot 10^1$ және тиісінше $2,7 \cdot 10^1 \text{ Бк/м}^3$ құраған тұрғындар үшін ауадағы ауқымды рауалы белсенділіктен ^{134}Cs бойынша алынған мәндер 210 000 есе, ^{137}Cs бойынша 300 000 есе төмен.

Қазақстан Республикасы тұрғындары үшін ұжымдық доза мәні $1,5 \cdot 10^{-2}$ адам-Зв асқан жоқ. Сонымен, «Фукусима-1»-дегі апаттан болған ақшалай шығын 48 АҚШ долларын құрады.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. www.kp.ru/daily/25651/815413/
2. Фукусима АЭС-дағы апат. <http://ru.wikipedia.org/wiki>
3. Ауадан радиоактивті заттек сынамаларын іріктеп алудың негізгі принциптері: ISO 2889-75
4. Ауқымды үлгілердегі радионуклидтердің белсенділігі. Гамма – спектрометрде өлшеулерді орындау әдістемесі: МИ 2143-91. - Кіріспе 1998-06-02. - Тіркеу № 5.06.001.98. – М.: НПО ВНИИФТРИ, 1991. – 17 б.
5. <http://www.undp.kz/pages/30.jsp>

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АВАРИИ НА АЭС «ФУКУСИМА-1» НА РАДИАЦИОННУЮ СИТУАЦИЮ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

**¹Лукашенко С.Н., ¹Айдарханов А.О., ¹Тимонова Л.В., ²Силачев И.Ю.,
²Мильц О.С., ³Рсымбетова Р.С.**

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

²Институт ядерной физики НЯЦ РК, Алматы, Казахстан

**³Мангистауский областной центр санитарно-эпидемиологической экспертизы,
Актау, Казахстан**

В данной статье представлены результаты мониторинга воздушной среды на территории Республики Казахстан. Аварийная ситуация на АЭС «Фукусима-1» привела к радиоактивному загрязнению водной и воздушной среды техногенными радионуклидами. Радиоактивному загрязнению подверглись территории Японии и сопредельных с ней государств, а также территории государств, расположенных на значительном удалении. Специалистами Национального ядерного центра Республики Казахстан (НЯЦ РК) проведена оценка влияния последствий аварии на радиационную ситуацию в РК. Зафиксировано присутствие техногенных радионуклидов в воздушной среде РК в количествах, не превышающих значения, установленных Нормами радиационной безопасности РК (НРБ-99).

Ключевые слова: Радиационный мониторинг, гамма-спектрометрические измерения, техногенные радионуклиды ¹³¹I, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs, пробоотборники атмосферного воздуха, коллективная доза.

ASSESSMENT MODELLING OF THE FUKUSHIMA IMPACT ON THE RADIATION SITUATION IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

**¹S.N. Lukashenko, ¹A.O. Aidarkhanov, ¹L.V. Timonova, ²I.Yu. Silachyov,
²O.S. Milts, ³R.S. Rsymbetova**

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

²Institute of Nuclear Physics NNC RK, Almaty, Kazakhstan

³Mangystau regional centre for sanitary-epidemiological expertise, Aktau, Kazakhstan

This paper presents the results of air monitoring in the Republic of Kazakhstan. A contingency at the NPP "Fukushima-1" resulted in radioactive contamination of water and air with artificial radionuclides. Radioactive contamination has been observed in Japan and neighbouring states and territories located at a considerable distance. Specialists of the National Nuclear Centre of Kazakhstan have assessed the impact of the last accident on radiation situation in Kazakhstan. The concentrations of artificial radionuclides found in the air of Kazakhstan did not exceed those established by the Radiation Safety Standards of Kazakhstan (NRB-99).

Keywords: Radiation monitoring, gamma-spectrometric measurements, radionuclides ¹³¹I, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs, air samplers, collective dose

УДК 504.75.05:615.849:539.16

АДАМНЫҢ ДЕНЕСІНДЕГІ ^{210}Pb және ^{214}Bi БЕЛСЕНДІЛІГІН ТУРА АНЫҚТАУДЫҢ ӘДІСТЕМЕСІН ӘЗІРЛЕУ

Жадыранова А.А., Лукашенко С.Н., Каширский В.В., Шатров А.Н.

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

Бұл мақалада адамның денесіндегі ^{210}Pb және ^{214}Bi радионуклидтерінің бір құрамға біріктірілген белсенділігін тура анықтаудың әзірленген әдістемесі мен оны апробациялаудың нәтижелері келтірілген. Өлшеу нысаны ретінде тізе буындары алынды, ол сан сүйегімен цилиндр ретінде жуықтайды. Аталған геометрияда тіркеу тиімділігін есептеу үшін математикалық алгоритм әзірленді. ^{210}Pb үшін анықтау шегі 120 Бк-ны, ^{214}Bi үшін - 270 Бк-ны құрады.

Түйін сөздер: табиғи радионуклидтер, адамның сәулеленуін есептегіш, ішкі сәулелену, ағзада радионуклидтердің таралуы, ^{214}Bi , ^{210}Pb , минималды детектрленген белсенділік.

КІРІСПЕ

Қоршаған ортада радионуклидтердің бар болуы (^{210}Pb , ^{214}Bi , ^{222}Rn , ^{226}Ra), олардың тағамдық тізбек бойынша жылыстауы адамның ағзасына түсуіне және соңынан оның барлық мүшелері мен ұлпаларының ішкі сәулеленуіне әкеледі. Қазақстан азаматтарының дозаларын бақылау және есепке алу ережелеріне сәйкес адамға дозалық жүктемені бағалау қажет, оны екі әдіспен: тура және жанама әдісімен жүзеге асыруға болады.

Тура әдіс – инкорпориленген радионуклидтермен шығарылатын гамма-сәулеленудің детектрленуімен берілген жеке алған мүшеде немесе тұтасымен денеде сәулелену есебінің жылдамдығын адамның сәулелену спектрометрінің көмегімен (АСС) өлшеу [1].

Адамның сәулеленуінің спектрометриясы ағзада табиғи радионуклидтердің (^{226}Ra , ^{232}Th , $^{210,212}\text{Pb}$, $^{212,214}\text{Bi}$, ^{40}K , $^{235,238}\text{U}$), сол сияқты техногенді жасалған γ -сәулелендіруші радионуклидтердің (^{60}Co , $^{134,137}\text{Cs}$, ^{241}Am) бар екендігін анықтауға мүмкіндік береді.

^{210}Pb және ^{214}Bi радиоактивті изотоптары ^{238}U табиғи қатарының мүшелері болып табылады. Адам ағзасына түсудің негізгі жолдары – тамақтану тізбегі бойынша асқазан-ішек жолдары арқылы және ^{222}Rn тыныс алу есебінен тыныс алу жолдары арқылы. Әдеби деректер бойынша адам ағзасындағы ^{226}Ra орташа құрамы денеге біреуден ондаған Бк дейінгі шектерде құбылады [2–8]. Радиоактивті тепе-теңдік заңына сәйкес, ^{226}Ra ыдырау тізбегіндегі барлық радионуклидтер, жабық жүйеде бола тұра, бірдей белсенділікке ие. Яғни, ^{214}Bi және ^{210}Pb адам денесіндегі минималды белсенділігі де әр радионуклид үшін біреуден ондаған Бк дейінгі шектерде болады. Алайда зерттеліп жатқан радионуклидтердің мұндай деңгейі ағзаға тек ^{226}Ra түсуіне байланысты. Шына-

йы алғанда зерттеліп жатқан радионуклидтердің адам ағзасындағы деңгейі радонмен тыныс алу арқасында өте жоғары болады [9–12].

Биокинетикалық үлгілерге сәйкес, қорғасын мен висмуттың изотоптары адамның өкпе мен асқазан-ішек жолдарынан сүйек ұлпаларына өте жылдам өтеді. Қорғасын мен висмуттың изотоптарының сүйек ұлпаларындағы белсенділігінің олардың жұмсақ ұлпалардағы белсенділігіне қатынасы 10 тең. Сонымен, ^{210}Pb және ^{214}Bi белсенділігін өлшеу соңынан бүкіл денеге есептелуімен қаңқаның бөліктерінде тиімдірек.

1. ӘДЕБИ ШОЛУ

Қазіргі кезде Қазақстанда АСС пайдалана отырып, адам денесіндегі ^{210}Pb және ^{214}Bi анықтаудың қабылданған әдістемелері жоқ, соның салдарынан ешбір ұйым мұндай өлшеулермен айналыспайды.

Радионуклидтердің сипатына және адам ағзасындағы таралуына қатысты әдістеменің негізгі элементтерін тандау үшін әдеби шолу жүргізілген. Жұмыста [13] төменаялы камерада адам қаңқасындағы ^{210}Pb өлшеу нәтижелері берілген. Деректерге сәйкес, ^{210}Pb қаңқадағы шамамен 2 % радонның ингаляциясына, 86 % – тағам ішуге және шамамен 12 % – атмосферадан қорғасынның тікелей ингаляциясына байланысты. Көзде [14] NaI (TI) негізінде сцинтилляциондық детекторлардың көмегімен сүйек ұлпаларындағы ^{210}Pb өлшеу суреттеледі. Зерттелетін адамдар ретінде уран зауытының шахтерлары алынды. Сондай-ақ бас сүйегі қаңқасындағы ^{210}Pb өлшеу туралы мәлім. Өлшеулер жер астында 8 м тереңдіктегі арнайыландырылған төменаялы камерада жүргізілді [15]. Әдеби көздердің деректерінің талдауынан сүйек ұлпалары өлшеулерді жүргізу үшін келешегі бар мүше болып табылады деген қорытынды жасауға болады.

Адам денесіндегі ^{214}Bi маусымды өзгеруіне арналған жұмыстан [16] радон май ұлпаларына жеткілікті жылдам өтеді деген қорытынды жасауға болады. Аталған жұмыста сондай-ақ радонның ингаляция кезінде толықтай енбейтіні, ^{214}Bi майға бай ұлпаларда, бірінші кезекте мида және іште табылғанын көрсетілген. Бұл жұмыста сол сияқты ер адамдар мен әйел адамдардың денесінде ^{214}Bi өлшеу нәтижелері берілген. Нәтижелер көрсеткендей, әйел адамдардың денесіндегі ^{214}Bi құрамы ер адамдарға қарағанда жоғары. Соңғысы әйел адамдарда ер адамдармен салыстырғанда май ұлпаларының үлкен көлемі бар екендігімен түсіндіріледі. Бұдан шығатын қорытынды – өлшеулерді майлы ұлпаларда жүргізген дұрыс.

Аталған тақырыпқа арналған жұмыстардың әр түрлілігіне қарамастан, табылған көздерде өлшеулерді жүргізу әдістемесінің нақты суреттемесі жүргізілген жоқ.

2. ТӘЖІРИБЕЛІК БӨЛІМ

2.1. Әдістеменің негізгі элементтерін тандау

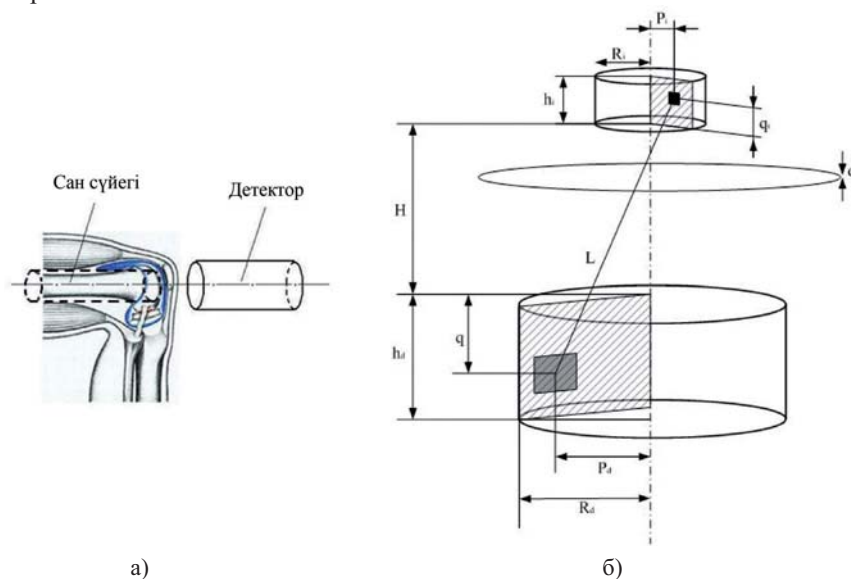
Өлшеу нысаны ретінде сан сүйегі таңдап алынды, өйткені оның көлемі азғантай, тері-бұлшықет ұлпасының қалыңдығы аз (тізе буынының орнында). Өлшеу кезінде тізе сәулелендіруші ретінде қарастырылды, тізе мен сүйек арасындағы арақашықтық ескерілген жоқ.

^{214}Bi изотопының үш негізгі γ -сызығы бар: кванттық шығарылуы бар 609,3 кэВ, 1120 кэВ, және 1764 кэВ және тиісінше, 46,3 %, 15,1 % және 15,4 %. Өңдеу үшін 609,3 кэВ сызық таңдап алынады, өткені оның кванттық шығуы 1120 және 1764 кэВ сызықтардың шығуынан үш есе көп. Яғни, толық сіңірудің шыңындағы статистикалық дәлсіздік 609,3 кэВ сәулеленудің басқа сызықтарына салыстырмалы үш есе аз болады.

^{210}Pb изотопы 4 % кванттық шығуы бар жалғыз ғана 46,5 кэВ γ -сызығы бойынша анықталады.

Өлшеу үшін аса дұрысы сан сүйегі мен детектордың соостық орналасуы болып табылады. Бұл жағдайда тіркеу тиімділігінің математикалық үлгілеуі көп қарапайымдалады. Детектор мен дененің арасындағы арақашықтық бір жағынан оның минимизациясы және екінші жағынан өлшеулерді жүргізудің қауіпсіздігі тұрғысынан 10 мм тең таңдап алынды. Қосымша ерекшелігі сан сүйегінің геометриялық өлшеулердің әр зерттеліп жатқан адамдар үшін жеке медициналық анықтамалықты пайдалана отырып, есептеуге болатын цилиндр сияқты жеткілікті жақсы үлгіленуінде [19].

Гамма-сәулеленуді қабылдағыш ретінде жартылай өткізгіш детектор таңдап алынды, өйткені сцинтилляциондық детекторлардың рұқсаты энергетикалық спектрдің жұмсақ облысында сызықтарды бөлуге мүмкіндік бермейді. Өлшеу геометриясы 1-суретте берілген.



1-Сурет. Өлшеулердің ұсынылған геометриясының сұлбасы (а) және көз-детектордың геометриялық орналасуы (б)

2.2. Тиімділік бойынша калибровканың математикалық алгоритмін әзірлеу

Сан сүйегінің ұзындығы адамның бойына, жасына, массасына және жынысына байланысты болғандықтан, әр түрлі антропометриялық параметрлері бар адамның сан

сүйегін келтіретін фантом құру қиын. Сондықтан тіркеу тиімділігін адамның бойына байланысты есептеу үшін математикалық алгоритм әзірлеу шешілді.

2.2.1. Тиімділік бойынша калибровканың математикалық алгоритмін есептеу

Есептеу кезінде детектордың және көздің дұрыс цилиндр формасы бар, бір өзекте тұр, біртекті материалдардан тұрады және 1-суретте көрсетілгендей орналасқан деп болжанды,

мұндағы:

L - детектордың элементар көлемі мен көздің элементар көлемі арасындағы ара қашықтық;

H - детектордың жоғарғы беті мен көздің төменгі бетінің арасындағы ара қашықтық;

h_i - көздің биіктігі;

h_d - детектордың биіктігі;

q_i - көздің элементар көлемі мен көздің төменгі бетінің арасындағы ара қашықтық;

q_d - детектордың жоғарғы беті мен детектордың төменгі бетінің арасындағы арақашықтық;

P_i - көздің элементар көлемі мен көздің осі арасындағы ара қашықтық;

P_d - детектордың элементар көлемі мен детектордың осі арасындағы ара қашықтық;

R_i - көздің радиусы;

R_d - детектордың радиусы;

d - детектор терезесінің қалыңдығы.

Тіркеу тиімділігінің өзгеруін есептеу үшін бізге көздегі гамма-квант көзде, детектор терезесінде және детектор денесінде көздің элементар көлемінен (γ -кванттың ұшу нүктесінен) детектордың элементар көлеміне дейін (γ -кванттың тіркеу нүктесіне дейін) қандай арақашықтықта өтетінін білу қажет.

Бұл ара қашықтықтар мынаған тең болады:

γ -кванттың L_0 детектордың терезесіне өтетін жолы, тең:

$$L_0 = \frac{d \times L}{H + q_i + q_d} \quad (1)$$

γ -кванттың L_i көздегі жолы, тең:

$$L_i = \frac{q_i \times L}{H + q_i + q_d} \quad (2)$$

γ -кванттың L_d детектордағы жолы тең:

$$L_d = \frac{q_d \times L}{H + q_i + q_d} \quad (3)$$

γ -кванттың көздің элементар көлемінен детектордың элементар көлеміне дейін әлсізденуі тең болады:

$$D = \exp \left\{ - \frac{L \times (\mu_0 d + \mu_d q_d + \mu_i q_i)}{H + q_i + q_d} \right\} \quad (4)$$

мұндағы: μ_0 -детектордың терезе материалының әлсіздену тізбекті коэффициенті;

μ_d - детектордың материалының әлсіздену тізбекті коэффициенті;

μ_i - көздің материалының әлсіздену тізбекті коэффициенті;

Әлсізденудің массалық коэффициенттерге өтуі кезінде бізде бары:

$$D_m = \exp \left\{ - \frac{L \times (\overline{\mu_0} d \rho_0 + \overline{\mu_d} q_d \rho_d + \overline{\mu_i} q_i \rho_i)}{H + q_i + q_d} \right\} \quad (5)$$

мұндағы: $\overline{\mu_0}$ - детектордың терезе материалының әлсізденуінің массалық коэффициенті;

ρ_0 -детектор терезе материалының тығыздығы;

$\overline{\mu_d}$ - детектор материалының әлсізденуінің массалық коэффициенті;

ρ_d - детектор материалының тығыздығы;

$\overline{\mu_i}$ - көздің материалының әлсізденуінің массалық коэффициенті;

ρ_i - көздің материалының тығыздығы;

Сол кезде детектордың элементар көлемінде тіркелген көздің элементар көлемінен белсенділік тең болады:

$$dA_V = \frac{A_0 \times D_m \times L}{4\pi \times L^2 \times (H + q_i + q_d)} \times \rho_d \times \tau_d \times dq_i \times dq_d \times dp_i \times dp_d \times d\alpha \quad (6)$$

мұндағы: τ_d –детектордың материалының фотоионизация кимасы.

Детектордың толық көлемінде тіркелген көздің толық көлемінен белсенділікті есептеп шығару үшін бөрнегіне интеграция жасау қажет.

$$A_V = \frac{A_0}{4\pi} \iiint \iiint \frac{D_m \times L}{L^2 \times (H + q_i + q_d)} \times \rho_d \times \tau_d \times dq_i \times dq_d \times dp_i \times dp_d \times d\alpha \quad (7)$$

A_0 формула бойынша есептеп шығарылады:

$$A_0 = \frac{N}{\varepsilon(E) \times I} \quad (8)$$

мұндағы: N - есептеудің тіркелген жылдамдығы;

I - сызықтың салыстырмалы қарқындылығы;

$\varepsilon(E)$ - детекторды тіркеудің тиімділігі.

(7) өрнекті мына түрде жазамыз:

$$A_V = \frac{N}{\varepsilon(E) \times I} \times K \quad (9)$$

мұндағы: K - үлгінің геометриялық өлшемдері мен тығыздығына тәуелді түзетуші фактор:

Өрнекте (9) үлгінің геометриясының өзгеруі K түзету факторын ескереді,

$$K = \frac{1}{4\pi} \int \int \int \int \frac{D_m \times L}{L^2 \times (H + q_i + q_d)} \times \rho_d \times \tau_d \times dq_i \times dq_d \times dp_i \times dp_d \times d\alpha \quad (10)$$

сондықтан әр өлшеу геометриясы үшін жеке-жеке калибровка жасау міндетті емес. DELPHI бағдарламалық ортасында түзету факторын есептеу үшін интеграциялаудың сандық әдісін пайдалана отырып есептеу бағдарламасы жазылды.

2.2.2. Тиімділік бойынша калибровкадың математикалық алгоритмін тексеру

Цилиндр формалы γ -сәулелену көздерін өлшеу кезіндегі геометриялық фактордың әсерін есептеудің шығарылған математикалық алгоритмін тексеру үшін ^{214}Bi аттестатталған белсенділігі бар үш цилиндр үлгі дайындалды. Өлшеулердің орташаланған нәтижелері, көздердің геометриялық өлшемдері, сондай-ақ олардың аттестатталған мәндерден ауытқуы 1-кестеде берілген.

1-Кесте.

Үлгілердің геометриялық параметрлері мен ^{14}Bi белсенділігін анықтау нәтижелері

Үлгі №	Масса, г	Диаметр, мм	Биіктігі, мм	Үш параллель өлшеулер бойынша ^{214}Bi орташа белсенділігі, Бк/кг	Аттестатталған мәндерден ауытқуы, %
1	127	75,2	20,5	$17,1 \pm 0,3$	0,6
2	79	61,4	19,1	$17,4 \pm 0,1$	2,4
3	22	31,9	20	$16,8 \pm 0,6$	- 1,2

Жүргізілген тәжірибелер негізінде түзету факторын есептеу үшін әзірленген математикалық алгоритм цилиндрлік үлгілерге олардың геометриялық өлшеулеріне қарамастан өлшеу жүргізуге мүмкіндік береді деген қорытынды жасауға болады.

Сан сүйегінің ұзындығының адамның бойына байланысты өзгеруі өлшеулер нәтижесіне әсер ететін болады. Адамның сан сүйегінің ұзындығын тікелей өлшеу қиын болғандықтан, көздің негізінде [18] адамның бойына байланысты сан сүйегі ұзындығының есептік мәндері алынды.

Әзірленген алгоритмнің көмегімен адамның бойына байланысты тіркеу тиімділігінің өзгеруі есептеп шығарылды. Есептеулер нәтижелері 2-кестеде берілген.

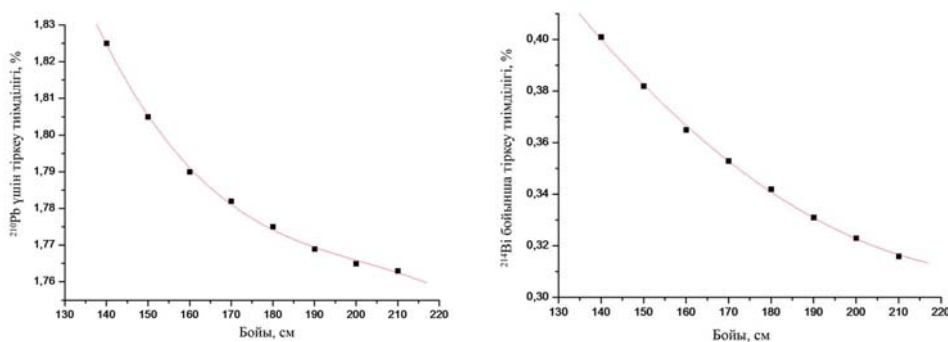
2-Кесте.

Адамның бойына байланысты ^{214}Bi және ^{210}Pb бойынша тіркеу тиімділігінің есептік мәндері

Адамның бойы, см	Сан сүйегінің ұзындығы, см	Тіркеу тиімділігі, %	
		^{214}Bi	^{210}Pb
140	37,8	0,401	1,825
150	40,5	0,382	1,805
160	43,2	0,365	1,790
170	45,9	0,353	1,782
180	48,6	0,342	1,775

Адамның бойы, см	Сан сүйегінің ұзындығы, см	Тіркеу тиімділігі, %	
		^{214}Bi	^{210}Pb
190	51,3	0,331	1,769
200	54,0	0,323	1,765
210	56,7	0,316	1,763

2-суретте алынған тәуелділіктердің кестелері берілген.



а) б)

2-Сурет. Адамның бойына байланысты ^{214}Bi (а) және ^{210}Pb (б) бойынша тіркеу тиімділігінің өзгеруінің тәуелділік кестесі

Келтірілген тәуелділіктер ^{214}Bi үшін екінші дәрежелі полиноммен және ^{210}Pb үшін үшінші дәрежелі полиноммен жеткілікті жақсы аппроксимацияланады:

$$\varepsilon_{^{214}\text{Bi}} = 0,84904 - 0,00455 \times H + 9,58 \cdot 10^{-6} \times H^2 \quad (11)$$

$$\varepsilon_{^{210}\text{Pb}} = 3,1985 - 0,02066 \times H + 1,01 \times 10^{-4} \times H^2 - 1,67 \times 10^{-7} \times H^3 \quad (12)$$

мұндағы H – адамның бойы.

Сондай-ақ жұмсақ-энергетикалық облыстағы сүйек ұлпасы мен калибровкалау көзі әлсізденуінің сызықтық коэффициенттері мен тығыздықтардың айырмашылығын есепке алудың дұрыстығы тексерілді. Кестеде (3-кесте) құм мен сан сүйегі сүйек ұлпасының құрамына кіретін химиялық элементтердің массалық үлесі және 46,5 кэВ желісі үшін оларға сәйкес сызықтық коэффициенттер берілген.

**46,5 кэВ гамма-сәулелену үшін құм мен сан сүйегі сүйек
ұлпасының әлсізденуінің сызықтық коэффициенттері**

Заттек	Элемент	Пайыздық құрамы	μ , см ⁻¹ әлсізденудің сызықтық коэффициенті
Құм	Si	0,33	0,5476
	O	0,49	
	Al	0,071	
	Fe	0,037	
Сан сүйегінің сүйек ұлпасы	H	0,05	0,4475
	O	0,45	
	Ca	0,26	

Кестелік мәндерден көргеніміздей, екі заттек үшін μ сызықтық коэффициенттері арасындағы айырмашылық 20 % жетеді. Аталған жұмыста келтірілген есептеулерде құм үшін әлсізденудің сызықтық коэффициенті пайдаланылады, бұл алдын ала бағалау бойынша 10–15 % шектеріндегі өлшеу нәтижелерінің жоғарылауына әкелуге тиіс. Бірақ ары қарай аталған әсерге түзету коэффициентін енгізу жоспарлануда.

2.3. Аялық сипаттамаларды және табу шектерін анықтау

²¹⁰Pb және ²¹⁴Pb тіркеу облысындағы аяны төмендету үшін детектор қабырғалар қалыңдығы 8 см болатын қорғасын қорғанышқа салынды. Қорғасын қорғаныштың қорғасын изотоптары бар, сондықтан оның ішкі беті кадмий парағымен жабылған, ол парақ жұмсақ гамма-сәулелену үшін сүзгіш болып табылады. Өйткені камераның қабырғаларында табиғи радионуклидтер бар, камераның қабырғаларынан арақашықтықпен детектордың қорғанысын тексеру жүргізілді. Тексеру қорғасын қорғаныш бар болғанда және онсыз да жүзеге асырылды.

Камера қабырғаларына дейінгі арақашықтыққа байланысты ²¹⁰Pb кадмиймен және кадмийсіз тіркеу терезелеріндегі есептеудің аялық жылдамдық нәтижелері, ²¹⁰Pb және ²¹⁴Pb тіркеу терезелеріндегі есептеудің аялық жылдамдық мәндері 4-кестеде берілген.

Тіркеудің түрлі жағдайлары кезінде ²¹⁰Pb және ²¹⁴Pb есептелуінің аялық жылдамдықтары

Нуклид	Ая, имп/с					
	Кадмий- мен	Кадмий- сіз	Детектор – камера қабырғалары ара қашықтығы			
			70 см		180 см	
			Қорғанышпен	Қорғанышсыз	Қорғанышпен	Қорғанышсыз
²¹⁰ Pb	0,012	0,018	0,012	0,044	0,012	0,028
²¹⁴ Pb	-	-	0,370	0,622	0,356	0,518

Кестеден көрінетіні, қорғасын қорғаныштың кадмий сүзгішімен және детектордың камера қабырғасынан алыстауымен үйлесуі аса тиімді болып табылады.

Экспозиция уақытын таңдау үшін экспозициялардың түрлі уақытына арналған МДБ есептеулер сериясы жүргізілді (5-кесте).

Тәжірибелік деректерден көретініміз, уақытты 3 сағаттан аса ұлғайту сезімталдылықтың аса көп ұлғаюына әкелмейді. Сондықтан экспозиция тиімділігінің аса тиімді уақыты 3 сағатты құрады, бұл адамның бір қалыпта қозғалыссыз тұруының болжамын есептеумен статистикалық дәлсіздігін минимизациялау қажеттілігіне байланысты.

5-Кесте.

МДБ өлшеу уақытына тәуелділігі

Өлшеу уақыты, сағ	МДБ ²¹⁰ Pb, Бк	МДБ ²¹⁴ Pb, Бк
1	260	610
2	185	430
3	140	330
4	130	305
5	120	270

АСС аясын анықтау үшін ²¹⁰Pb және ²¹⁴Pb тіркеу терезелерінде адамның дистилденген сумен толтырылған сан сүйегінің фантомы өлшеулерінің сериясы жүргізілді. Зерттеліп жатқан радионуклидтің толық сіңіру шыңының облысындағы ая: ²¹⁰Pb үшін – 0,012±0,002 имп/с, ²¹⁴Pb үшін – 0,36±0,01 имп/сқұрайды. Минималды детектрленетін белсенділікті анықтау үшін 3σ критерийін пайдаланамыз:

$$MDA = 3 \cdot \frac{\sqrt{S_{\phi}}}{\varepsilon(E) \cdot I \cdot t} \quad (13)$$

мұндағы: S_{ϕ} – ²¹⁴Pb және ²¹⁰Pb тіркеу терезелеріндегі аялық импульстердің толық саны,

t - экспозиция уақыты,

$\varepsilon(E)$ – ²¹⁴Pb және ²¹⁰Pb сәулеленудің негізгі сызығы үшін детекторды тіркеудің тиімділігі,

I – ²¹⁴Pb және ²¹⁰Pb сәулеленудің негізгі сызығының кванттық шығулары.

Жағдай кезінде – спектрді алу уақыты 180 мин, зерттеліп жатқанның массасы 70 кг, ²¹⁴Pb үшін табу шегі 35 Бк/кг сүйек құрады, ²¹⁰Pb үшін – 15 Бк/кг сүйек.

3. ²¹⁰Pb және ²¹⁴Pb АНЫҚТАУДЫҢ ТУРА ӘДІСТЕМЕСІН СУРЕТТЕУ

3.1. Әдістеменің жалпы суреттемесі

²¹⁰Pb және ²¹⁴Pb адам денесінде анықтаудың әзірленген әдістемесіне сәйкес, өлшеу процедурасы келесідей түрде болады.

- Өлшеулерді бастамас бұрын теріден радонның ДПР шаю үшін пациент душ қабылдайды, арнайы киім киеді;
- Пациенттің антропометриялық параметрлерін өлшеу жүргізілді: бойы, иықтың, білектің, сан мен жіліктің дисталь бөліктерінің орта диаметрі. Иықтың,

білектің, сан мен жіліктің дисталь бөліктерінің орта диаметрін өлшеу антропометриялық нүктелерді пайдалана отырып, олардың өлшеулерінің медициналық ережелеріне сәйкестігімен жүргізіледі;

- Тексеріліп жатқан пациент отырған қалыпта креслоға жайғасады. Бүгілген тізе буынына детекторды жақындатады және бекітеді. Детектор – тізе буынының ара қашықтықтығы 1 см;
- Өлшеу геометриясын бекіткен соң спектрді алу іске қосылады. Экспозиция уақыты 3 сағ.;
- Спектрді алу нәтижелері бойынша адамның бүкіл денесіне ^{210}Pb және ^{214}Bi белсенділігі және оларға сәйкес дәлсіздік есептеледі.

3.2. Аппаратуралық қамтамасыздандыру

Өлшеулерді жүргізу үшін келесі аппаратура пайдаланылады:

- Таза германий негізінде жасалған BE3830 жартылай өткізгіш детекторы, Canberra өнімі. Энергетикалық рұқсаты 5,9 кэВ сызығы бойынша – 376 эВ, 122 кэВ сызығы бойынша – 641 эВ, 1332 кэВ – 1694 эВ;
- Қорғасын коллиматор, ішінен қалыңдығы 2 мм кадмий бетімен жабылған. Қорғасын коллиматор қабырғаларының қалыңдығы 8 см;
- DSA2000 импульстердің көпканалды талдаушысы, арналар саны 1024;
- Қалыңдықты өлшейтін циркуль, адамның антропометриялық параметрлерін өлшеуге арналған бойөлшегіш.

3.3. Тиесілі белсенділік пен оның дәлсіздіктерін есептеу

Спектрді өңдеу және сәйкестендіруден соң ^{210}Pb және ^{214}Bi негізгі сызықтары толық сіңіру шындарының аудандарындағы аяны есептеу жүргізілді:

$$S = S_{\text{Толы}} - \frac{t}{t_{\Phi}} \cdot S_{\Phi} \quad (14)$$

мұндағы: S - аяны есептеп шығарғандағы ^{210}Pb және ^{214}Bi негізгі сызықтары толық сіңіру шындарының аудандары,

$S_{\text{Толы}}$ - тексеріліп жатқан адамның спектрындағы ^{210}Pb және ^{214}Bi негізгі сызықтары толық сіңіру шындарының толық аудандары,

t - спектрды алу уақыты.

S мөлшерінің абсолюттік дәлсіздігі мына өрнекпен анықталады:

$$dS = \sqrt{(dS_{\text{Толы}})^2 + \left(\frac{t}{t_{\Phi}}\right) (dS_{\Phi})^2} \quad (15)$$

мұндағы $dS_{\text{Толы}}$ және dS_{Φ} тексеріліп жатқан адамның спектрындағы ^{210}Pb және ^{214}Bi тіркеу терезелеріндегі ая мен толық сіңіру шындары аудандарының статистикалық дәлсіздіктері.

^{210}Pb және ^{214}Bi тиесілі белсенділігі тексеріліп жатқан пациенттің сан сүйегінде тең:

$$A_{^{214}\text{Bi}} = \frac{S}{(0,84904 - 0,00455 \times H + 9,58 \cdot 10^{-6} \times H^2) \cdot t \cdot I \cdot m_{\text{с.с.}}} \cdot K \quad (16)$$

$$A_{210Pb} = \frac{S}{(3,1985 - 0,02066 \times H + 1,01 \cdot 10^{-4} \times H^2 - 1,67 \cdot 10^{-7} \times H^3) \cdot t \cdot m_{c.c.}} \times K \quad (17)$$

мұндағы: $m_{c.c.}$ - пациенттің сан сүйегінің есептік массасы.

^{210}Pb және ^{214}Bi тиесілі белсенділігінің дәлсіздігі адамның бойынан сан сүйегінің ұзындығының тәуелділігіне байланысты дәлсіздікті есепке алмай отырып, сүйек ұлпаларындағы қорғасын мен висмуттың изотоптарының белсенділігінің олардың жұмсақ ұлпалардағы белсенділігіне қатынасымен, 95 % сенімділік болжамы кезінде, тең:

$$dA_m = 2 \cdot \sqrt{\left(\frac{dS}{\varepsilon(E) \cdot t \cdot I \cdot m_{c.c.}} \right)^2 + \left(\frac{S \cdot d\varepsilon(E)}{\varepsilon(E)^2 \cdot t \cdot I \cdot m_{c.c.}} \right)^2} \quad (18)$$

Өлшеу нәтижесі мынадай түрде жазылады: $A_m \pm dA_m$

3.4. Белсенділіктің адам денесіне есептелуі

Антропометриялық параметрлерді өлшеу нәтижелері бойынша пациенттің қаңқасының массасы мына өрнекке сәйкес есептеледі [21]:

$$m = 1.2 \times Q^2 \times H$$

мұндағы: m - тексеріліп жатқан адам қаңқасының массасы,

Q - пациенттің иығының, білегінің, сан мен жіліктің дисталь бөліктерінің орта диаметрі,

H - пациенттің бойы.

Егер адамның сан сүйегіндегі ^{210}Pb және ^{214}Bi тиесілі белсенділігі $A_{c.c.}(^{210}\text{Pb})$ және $A_{c.c.}(^{214}\text{Bi})$ Бк/кг тең болса, онда аталған радионуклидтердің қаңқаға келетін абсолюттік белсенділіктері, тиісінше $A_{c.c.}(^{210}\text{Pb}) \times m$ және $A_{c.c.}(^{214}\text{Bi}) \times m$ тең.

Әдеби шолуға сәйкес, сүйек ұлпарындағы қорғасын мен висмуттың изотоптары белсенділіктерінің олардың жұмсақ ұлпалардағы белсенділіктеріне қатынасы 10 тең деп қабылданады.

Пропорция құра отырып, ^{210}Pb және ^{214}Bi қаңқадағы белсенділіктерінен барлық денеге қайта есептеуін жүргіземіз

$$A_{\text{жұмсақ ұлта}, ^{214}\text{Bi}} = \frac{A(^{214}\text{Bi})_{c.c.} \cdot m}{10} \quad (20)$$

$$A_{\text{дене}, ^{214}\text{Bi}} = A(^{214}\text{Bi})_{c.c.} \times m + \frac{A(^{214}\text{Bi})_{c.c.} \cdot m}{10} \quad (21)$$

$$A_{\text{жұмсақ ұлта}, ^{210}\text{Pb}} = \frac{A(^{210}\text{Pb})_{c.c.} \cdot m}{10} \quad (22)$$

$$A_{\text{дене}, ^{210}\text{Pb}} = A(^{210}\text{Pb})_{c.c.} \times m + \frac{A(^{210}\text{Pb})_{c.c.} \cdot m}{10} \quad (23)$$

ҚОРЫТЫНДЫ

Адам денесіндегі ^{210}Pb және ^{214}Bi белсенділіктерін тура анықтау әдістемесі әзірленді. Табу шектері ^{210}Pb үшін – 120 Бк, ^{214}Bi үшін – 270 Бк құрады.

Адам ағзасындағы ^{226}Ra құрамының денеге ондаған Бк шектерінде құбылса, әзірленген әдістеменің сезімталдығы тұрғындар арасында зерттеу жүргізу үшін шынында жеткіліксіз. Алайда уран өндіруші өнеркәсіптік кәсіпорындарында қандай да бір апатты жағдайлар кезінде қызметкерді тексеру үшін анықтаудың қол жеткен шегі жеткілікті болуы мүмкін.

Тұрғындарды зерттеуді сапалы жүргізу үшін аталған әдістеменің табу шегін бірекі ретке төмендету қажет. Бұған АСС жалпы аясын азайтуды оны аялық сәулеленуден аса дамыған қорғанышта орнату арқылы және детекторлардың санын ұлғайту арқылы арқылы қол жеткізуге болады.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. Радионуклидтердің түсуі салдарынан кәсіби сәулеленуді бағалау АТЭХАГ қауіпсіздік бойынша нормалар сериясы № RS – G – 1.2. - Вена, Австрия: МАГАТЭ, 1999. – С. 21 -31.
2. Ғаламтор қоры <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=129>
3. Қазақстанның жағдайы үшін радиоэкология және радиоактивті қалдықтармен жұмыс жөніндегі оқу-әдістемелік басшылық. – Алматы: ОАО «Волковгеология», 2002. –Б.139 – 142.
4. Голутвина М.М. Адам ағзасындағы радиоактивті заттектердің құрамын бақылау / М.М. Голутвина, Н.М. Садикова. – М.: Атомиздат, 1979. –Б. 34 – 36.
5. Пивоваров Ю.П. Радиациялық экология /Ю.П.Пивоваров, В.П.Михалев. – Мәскеу: «Академия» баспа орталығы, 2004. – Б.10.
6. Радиациялық қорғау Радиологиялық қорғау жөніндегі Халықаралық комиссияның ұсыныстары (екінші жарияланым) Атом ғылымы мен техникасы саласындағы әдебиеттердің мемлекеттік баспасы. – Мәскеу, 1961. –Б.75
7. Голутвина М.М. Радиоактивті заттектердің адам ағзасына түсуі мен оның құрамын бақылау / М.М.Голутвина, Ю.В.Абрамов. – Мәскеу: Энергоатомиздат, 1989. –Б.89.
8. Моисеев А.А. Дозиметрия мен радиациялық гигиена жөніндегі анықтамалық / А.А. Моисеев, В.И. Иванов. - Мәскеу: Энергоатомиздат, 1984. –Б. 91.
9. Ғаламтор қоры <http://narod.yandex.ru/100.shtml?profbeckman.narod.ru/Uran.files/Glava10.pdf>
10. Ғаламтор қоры <http://www.IATP.BY.mht>
11. Ғаламтор қоры http://www.Радионуклидтер_1.mht
12. Ғаламтор қоры [http://www.ОМЗ-Табиғи_және_\(табиғи\)радиациялық_ая.mht](http://www.ОМЗ-Табиғи_және_(табиғи)радиациялық_ая.mht)
13. Ғаламтор қоры http://www.inive.org/members_area/medias/pdf/Inive%5CRadon1999%5C165.pdf

14. Ғаламтор қоры <https://www.osti.gov/opennet/servlets/purl/16289240-4kKkUJ/16289240.pdf>
15. Ғаламтор қоры <http://www.helmholtz-muenchen.de/iss/personendosimetrie/projects/partial-body-counter-towards-personalised-dosimetry/index.html>
16. Ғаламтор қоры <http://healthandenergy.com/images/HPMay0736.pdf>
17. Ғаламтор қоры <http://www.skeletos.zharko.ru/main/G131>
18. Ғаламтор қоры <http://forens.ru/index.php?showtopic=2386>
19. Осанов Д.П. Дозиметрия және радиациялық биофизика. - М.: Энергоатом-басылым, 1983.-230б.
20. Ғаламтор қоры <http://www.forens-med.ru/book.php?id=272>Ресурсы
21. Мартиросов Э.Г. Адам денесінің құрамын анықтаудың технологиясы мен әдістері / Э. Г. Мартиросов, Д.В. Николаев, С.Г. Руднев. – Мәскеу: Наука, 2006. – Б.32 -50.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРЯМОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ АКТИВНОСТИ ^{210}Pb и ^{214}Bi В ТЕЛЕ ЧЕЛОВЕКА

Жадыранова А.А., Лукашенко С.Н., Каширский В.В., Шатров А.Н.

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

В данной статье представлена разработка методики прямого определения активности инкорпорированных радионуклидов ^{210}Pb и ^{214}Bi в теле человека. В качестве объекта измерения выбран коленный сустав, который вместе с бедренной костью аппроксимируется как цилиндр. Для расчета эффективности регистрации в данной геометрии разработан математический алгоритм. Предел обнаружения для ^{210}Pb составил 120 Бк, для ^{214}Bi – 270 Бк.

Ключевые слова: естественные радионуклиды, счётчик излучения человека, внутреннее облучение, распределение радионуклидов в организме, ^{214}Bi , ^{210}Pb , минимально детектируемая активность.

DEVELOPMENT OF METHOD FOR DIRECT DETERMINATION OF THE ACTIVITY OF ^{210}PB and ^{214}BI IN HUMAN BODY

A. A.Zhadyranova, S. N. Lukashenko, V. V. Kashirskiy, A. N. Shatrov

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

The paper presents the developed method for direct determination of the activity of incorporated radionuclides ^{210}Pb and ^{214}Bi in human body and results of its testing. A knee joint was selected as a measuring object, which together with shin bone that is approximated to be a cylinder. In order to calculate the registration efficiency in this geometry a mathematical algorithm was developed. Based on the results of measuring the group of people, activity values of ^{214}Bi and ^{210}Pb on the body in the form of limits, quantities of which is rather high, that is caused by high level of ambient background.

Key words: natural radionuclides, body counter, phantom of human shin bone, internal irradiation,

УДК:577.4:621.039.58:541.28

ОРГАНИКАЛЫҚ ЕМЕС СРҚ РҚ ЖН-350 ҚАЙТА ӨНДЕУ ТЕХНОЛОГИЯСЫНЫҢ НЕГІЗГІ КЕЗЕҢДЕРІН ӨНДЕУ

Коровина О.Ю., Лукашенко С.Н., Каширский В.В., Зверева И.О.

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

Бұл мақала Ақтау қ. (Қазақстан) орналасқан, жылдам нейтрондағы реакторлық қондырғылардың (РҚ ЖН) қызметі нәтижесінде пайда болған сұйық радиоактивті қалдықтарды (СРҚ) қайта өңдеу технологиясын әзірлеу мақсатында өткізілген зерттеулерге арналған. Зерттеулер үшін теоретикалық және іс-тәжірибелік түрде бағалау нәтижесінде анықталған, СРҚ РҚ ЖН-350 химиялық құрамын ұқсататын үлгідегі ерітінділер қолданылды.

СРҚ қайта өңдеудің ұсынылған технологиясы СРҚ органикалық құрамын біртіндеп бұзуға негізделген және СРҚ РҚ ЖН-350 орын алған химиялық қасиеттерді ескере отырып тиісті реагенттердің көмегімен радионуклидтердің тұнуына негізделген, сонымен қатар аталған қалдықтарды қайта өңдеуге экономикалық шығындарын ескере отырып іріктеп алынған.

Тәжірибелік зерттеулер нәтижесінде СРҚ РҚ ЖН-350 қайта өңдеу технологиясының негізгі кезеңдері ұсынылды, олардың оңтайлы шарттары таңдап алынды. Осының барысында анықталғаны, СРҚ оңтайлы тәсілмен органикалық құрамының тотығуы үшін перманганатты тотығу оңтайлы тәсіл болып табылады, ал СРҚ Cs изотоптарының тазалау үшін одан да арзан сорбент – мыс ферроцианидінің жаңадан дайындалған суспензиясын қолдану ұсынылды.

Түйін сөздер: сұйық радиоактивті қалдықтарды қайта өңдеу, жылдам нейтрондағы реактор, СРҚ РҚ ЖН-350, радионуклидтік құрамы, СРҚ тазалау тиімділігін бағалау, СРҚ перманганатты тотығуы, СРҚ сіңіргіштік тазалау, мыс ферроцианиді, радионуклидтерден тазалау дәрежесі, трилон Б, қымыздық қышқылы, ^{241}Am , ^{154}Eu , Pu изотоптары, ^{90}Sr , $^{134,137}\text{Cs}$, ^{60}Co , ^{54}Mn , ^{90}Sr .

КІРІСПЕ

Қазіргі уақытта Ақтау қ. Маңғыстау атом энергокомбинатының қоймаларында жиынтық ауқымды белсенділігі 10^7 - 10^8 Бк/л болатын шамамен 5000 м³ сұйық радиоактивті қалдықтар (СРҚ) жинақталған. СРҚ радиоактивтілігі, негізінен, $^{134,137}\text{Cs}$, ^{60}Co , ^{54}Mn , ^{90}Sr , ^{241}Am радионуклидтеріне, плутоний изотоптарына байланысты. Құрамы жоғары тұзды, әр түрлі химиялық құрамдағы СРҚ ұзақ сақтау кезінде резервуарлардың конструкциялық материалдарының тоттануы жүреді. Сонымен, СРҚ үлкен көлемдерін ұзақ сақтаудың аймақ үшін радиациялық және экологиялық қауіпі бар. Аталған проблема шешім мен қомақты қаржы бөлуді қажет етеді.

СРҚ РҚ ЖН-350 қайта өңдеу кешенін құру жөнінде жоба бар [1]. Әр түрлі бағалаулар бойынша технологиялық кешен құрылысы мен оны СРҚ тазалау үшін ары қарай енгізу бойынша жалпы құны бірнеше ондаған миллиард теңгені құрайды. Аталған деректер аса тиімді және экономикалық жағынан пайдалы технологияларды табуға бағытталған зерттеулерді жүргізу үшін негіздеме болды.

БН-350 реактор қондырғысындағы жинақталған СРҚ қайта өңдеу үшін «РАО-ТЕХ» кәсіпорнының ресейлік мамандары өзіне келесі сатыларды қосатын технологияны пайдалану ұсынады: бастапқы ерітіндіні алдын ала сүзу және дайындау, озонды

пайдалана отырып СРҚ органикалық құрамдасын тотықтыру, Термоксид-35 сорбентінде цезийді сүзу және селективті сіңіру.

Органикалық құрамдасын бұзу үшін тотықтырғыш ретінде озонды пайдалану ұсынылды. Озонның жоғары тотықтырғыш қасиеті бар, органикалық қоспаларды тіпті жоғары тұзды аямен де тиімді тотықтырады [2]. Бірақ озондауды қолданудың үлкен кемшіліктері: процестің жарылысқауіптілігі, оның өзіндік құнының электр энергияның шығынына, озонаторлық стансаны монтаждау қажеттілігіне байланысты жоғарылығы. Бұл аса жоғары қауіпсіздікті қамтамасыз ететін, экономикалық жағынан қызықтыратын технологияны әзірлеуге бағытталған зерттеулерді жүргізудің негізгі себебі болып табылады. Калий перманганаты аз емес тотықтырғыштық қасиетке ие, оны қолдану технологиялық процестерде қауіпсіздік және экономикалық талаптарына жауап бере алатыны белгілі.

СРҚ органикалық құрамдасын бұзған соң және қалдықтарды ^{60}Co мен ^{54}Mn -тен тазалау жобалада СРҚ РҚ ЖН-350 негізгі радиоактивті ластаушы – цезий изотоптарынан сіңіргіштік тазалау қарастырылған. Аталған сатыда Термоксид-35 пайдалану ұсынылады: никель ферроцианидін негізіндегі органикалық емес иесі – цирконий гидроксидында сферотүйіршіктелген сорбент. Аталған жағдайда Термоксид-35 өнеркәсіптік өнімін қолдану біржақты емес. Зертханалық талдау нәтижелері бойынша аталған сорбентті пайдалану кезіндегі СРҚ цезий изотоптарынан тазалау [3] шамамен 90–100 % құрайды. Алайда анықталғаны, СРҚ жоғары минералданған ерітінділерді Cs изотоптарынан тазалау кезінде Термоксид-35 үлкен мөлшері қажет. Бұл, өз кезегінде, қатты радиоактивті қалдықтардың (ҚРҚ) үлкен көлемінің пайда болуына әкеледі, технологиялық процесте қиындықтарды туындатады және қосымша экономикалық шығындарды талап етеді. СРҚ цезийдің изотоптарынан тазалаудан басқа, аса қарапайым тәсілі – ауыспалы металдардың (мыс, никель) ферроцианидінде сіңіру қызығушылық тудырады. Үлгілі ерітінділерде аталған сорбент пен Термоксид-35 қасиеттерін зерттеу, сондай-ақ оларды қолданудың тиімді жағдайларын анықтау СРҚ Cs изотоптарынан тазалаудың аса тиімді және үнемдеу тәсілін таңдауға мүмкіндік береді.

Сонымен, тәжірибелік зерттеулерге және әдеби көздерге сәйкес, СРҚ РҚ ЖН-350 қайта өңдеу технологиясының жаңа сатылары таңдап алынды, олардың мағынасы- перманганаттық тотығудың аралық сатысы-сүзу және СРҚ Cs изотоптарынан сорбенттің көмегімен тазалау арқылы СРҚ органикалық құрамдастарын бұзуда. Тәжірибелік зерттеулерді жүргізуден кейін жеке радионуклидтер бойынша жеткілікті тазалаудың қосымша сатыларын жүргізудің қажеттілігі анықталады.

1. ТӘЖІРИБЕЛІК БӨЛІМ

Зерттеулер нысаны - мына негізде дайындалған, СРҚ үлгілі ерітінділер:

• органикалық қоспалар (натрий этилендиаминтетраацетаты – трилон Б, қымыздық қышқылы);

- органикалық қоспалар (натрий этилендиаминтетраацетаты, қымыздық қышқылы), минералды
- тұздар және радиоактивті индикаторлар (трассерлер), олардың көмегімен СРҚ РҚ ЖН-350 химиялық құрамы үлгіленген болатын.

Тұздар ретінде нитраттар, хлоридтер және металдардың сульфаттары түріндегі тұрақты изотоптардың (Co, Mn, Sr, Cs, Ca, Fe, K, Mg, Na) тұздары пайдаланылды. Изотоптық белгілер ретінде ^{241}Am , ^{154}Eu , ^{242}Pu аттестатталған радионуклидтердің мөлшері бар ерітінділер қолданылды. 1 л үлгілі ерітіндідегі Б трилонның мөлшері 30 г, қымыздық қышқылындағы – 8,5 г/л құрады.

СРҚ РҚ ЖН-350 максималды жақындатылған үлгілі ерітіндінің құрамы 1-кестеде берілген.

1-Кесте.

Үлгі ерітіндісінің құрамы

Органикалық құрауыш	Элементтік құрамы, мкг/л									Ауқымды белсенділік, Бк/л		
	Cs	Sr	Mn	Co	Na	Mg	Ca	Fe	K	^{241}Am	^{154}Eu	^{242}Pu
Трилон Б+қымыздық қышқылы	16	7	31	47	19000	11400	4000	750	470	20	1	0,5

1.1. Сүзу әдісімен тұнбаны соңынан бөліп алуы бар СРҚ органикалық құрамдасының перманганаттық тотығу әдісін зерттеу

Перманганаттық тотығу әдісін пайдалана отырып, СРҚ органикалық құрамдасын бұзудың тиімділігін зерттеу үш сатыда жүргізілді:

1. Б трилонын тотықтырудың тиімді параметрлерін анықтау;
2. Қымыздық қышқылын тотықтырудың тиімді параметрлерін анықтау;
3. Химиялық және радионуклидтік құрамы СРҚ РҚ ЖН-350 максималды жақындатылған үлгілі ерітіндінің органикалық құрамдасын тотықтырудың тиімді параметрлерін анықтау.

СРҚ органикалық құрамдасын тотықтырудың тиімді жағдайларын таңдау тотықтыру үшін калий перманганатының әр түрлі ортадағы (қышқыл, бейтарап және сілтілі) қажетті мөлшерін анықтауда жатыр. Зерттеулер қалыпты жағдайларда жүргізілді ($t=20\pm 2$ °C). Органикалық құрамдасының перманганаттық тотықтыру кезіндегі бұзылу дәрежесін анықтау мақсатында титриметриялық әдісті пайдалана отырып, Б трилоны мен қымыздық қышқылының шоғырлануын бақылау жүзеге асырылды. Ерітіндіде Б трилонының шоғырлануын анықтау үшін индикатор – мурексид болған кезде 0,1н үлгілі ерітіндіні кальций хлориді ерітіндісімен титрлеу әдісі (бояудың түсі күлгін түстен ақшыл қызғылт түске ауысуы) таңдап алынды. Үлгілі ерітіндінің құрамындағы қымыздық қышқылының құрамын анықтау үшін 0,1н үлгілі ерітіндіні күкірт қышқылы бар кезде калий перманганатымен титрлеу әдісі (ақшық қызыл түске боялғанға дейін) қолданылды.

СРҚ РҚ ЖН-350 радионуклидтерден тазартудың ұсынылған тәсілінің тиімділігін бағалау үшін тотықтыру мен сүзуден кейінгі үлгілі ерітіндідегі радионуклидтердің құрамы анықталды. Тұнбаларды перманганатты тотықтыру кезінде пайда болған үлгілі ерітіндіден бөліп алу сүзуді пайдалана отырып жүргізілді, сүзу екі тәсіл-

мен: қалың («көк қағаз» қағаз сүзгіде) және жіңішке (саңылаулары 0,2 мкм кем емес мембраналық сүзгіде)жүзеге асырылды.

Үлгілі ерітіндідегі радионуклидтердің құрамын анықтау үшін тотықтыру мен сүзуден соң талдаулардың гамма-спектрометриялық (^{241}Am , ^{154}Eu құрамын анықтау), альфа-спектрометриялық (^{242}Pu құрамын анықтау) және масс-спектрометриялық(Co , Mn , Sr , Cs , Ca , Fe , K , Mg , Na) әдістері пайдаланылды. Гамма-спектрометриялық талдау гамма-спектрометрде сүзілген ерітіндіні тікелей өлшеудің көмегімен өте таза германийден жасалған жартылай өткізгіш детектормен бірге (BE3830, Canberra) жүргізілді. Тотықтыру мен сүзуден соң пайда болған тұнба тұз қышқылының аздаған мөлшерінде еріп, ионалмастырушы шайырды – AB-17 – пайдаланумен плутоний изотоптарының құрамын анықтауға стандартты әдістемеге сәйкес алдын ала радиохимиялық тазалау сатысынан өтті. Талдау нәтижесінде алынған альфа-көз альфа-спектрометрде (AlphaAnalyst, Canberra) өлшенді. Үлгілердің элементтік құрамын анықтау индуктивті байланысқан плазмасы бар масс-спектрометрді (Elan9000, PerkinElmer) пайдалана отырып жүргізілді. Бұл кезде тотықтыру мен сүзуден кейінгі үлгілі ерітінділер пайдаланылды.

Зерттеулерді жүргізу кезінде pH-метрдің (SevenEasy, MettlerToledo) көмегімен жүзеге асырылған pH ортаның параметрін бақылауға баса назар аударылды (SevenEasy, MettlerToledo).

Б трилонын тотықтырудың тиімді параметрлерін анықтау

Б трилонын калий перманганатымен тотықтырудың тиімді параметрлерін таңдау үшін Б трилонының шоғырлануы 0,58 н. (97,4 г) бар үлгілі ерітіндінің тотығуын тәжірибелік зерттеу жүргізілді. Ерітіндідегі Б трилонының шоғырлануын жоғарылату кезінде оның ерігіштігі төмендейді және тұз тұнбаға түседі [4].

Аталған жұмысты пайдалана отырып [5], тотықтыру қалыпты жағдай кезінде ($t=20\pm 2$ °C) әр түрлі ортада (қышқыл, бейтарап және сілтілі) калий перманганатының 5 %-қ ерітіндісімен жүргізілді. Бұл кезде калий перманганатының ерітіндісі үлгілі ерітіндіге Б трилонын үнемі араластыра отыра тамшылатып құйылды. Тұнба тұнған жағдайда тотықтыруды тоқтатып, үлгілі ерітіндіні 15–20 минутқа қалдырады, сүзеді және Б трилонының шоғырлануын ерітіндіде анықтайды.

pH ортасын аммоний гидроксидының ерітіндісін үлгілі ерітіндіге (сілтілі орта үшін) немесе шоғырланған күкірт қышқылын (қышқыл ортаны алу үшін) қосу арқылы реттейді.

Үлгілі ерітіндіге күкірт қышқылын қосу кезінде ақ түсті тұнбаның түсуі жүрді. Әдеби деректерге сәйкес [6] бөлме температурасы кезінде комплексондардың ерігіштігінің (оның ішінде Б трилоны да) pH ортадан нақты тәуелділігі байқалады, бұл кезде минимум $\text{pH}=0-3$ кезінде байқалады. Аталған жағдайда қышқылдың әсері кезінде ЭДТА протондалған тұздары пайда болады, бұл тұздардың Ме-ЭДТА типті қалыпты тұздармен салыстырғанда аз ерігіштігі бар.

Күкірт қышқылын қосу мен тұнбаның түсуінен соң ерітіндіде Б трилонының мөлшерін анықтау үшін ерітінді қағаз сүзгі арқылы сүзілді, сосын Б трилонының ерітіндісінде құрамы қайтадан қайталанды.

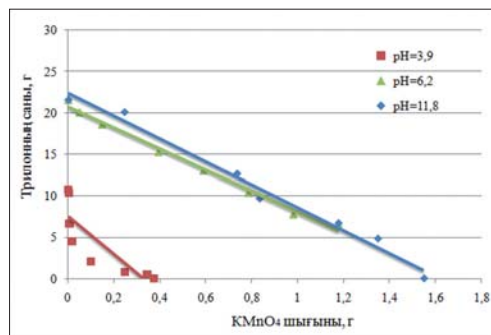
Барлық жағдайда тұнба «көк лента» қағаз сүзгіші арқылы сүзілді. Ерітіндіде қалған Б трилонының мөлшері титриметриялық түрде анықталды.

Зерттеулер көлемі 100 мл үлгілі ерітінділерде жүргізілді.

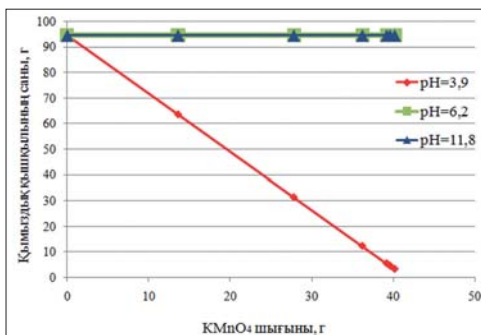
Зерттеулер нәтижелері және талқылау

Б трилонына сілтілі ортада перманганаттық тотықтыру жүргізу кезінде боялуы жасылдан кара-қоңыр түске дейін өзгертін тұнба пайда болды. Қышқыл және бейтарап ортада тотықтыру жүргізген кезде ерітіндінің боялуы қою қызылдан қоңыр түске дейін өзгерді, бұл кезде біраз мөлшерде тұнба пайда болды.

pH ортаның әр түрлі мәні кезінде үлгілі ерітінділерді перманганатты тотықтыру нәтижелері 1-суретте берілген.



1-Сурет. Б трилоны шоғырлануының тотығуға кеткен калий перманганатының мөлшерінен тәуелділігі



2-Сурет. Қымыздық қышқылы шоғырлануының тотығуға кеткен калий перманганатының мөлшерінен тәуелділігі

Алынған деректерге сәйкес Б трилонының тотығуы барлық үш ортада (қышқыл, бейтарап және сілтілі) шамамен бірдей өтетіні анықталды, бұл туралы іс жүзіндегі pH әр түрлі мәні кезіндегі кестелер сызықтарының бірдей еңісі растайды. Тотықтыруды қышқыл ортада жүргізген дұрыс деген болжам айтуға болады, өйткені калий перманганатының шығынын тіпті ЭДТА протондалған ерімейтін тұздардың пайда болуы есебінен pH қажетті мәндеріне дейін жеткізу кезінде азайтуға болады.

Жүргізілген зерттеулерге сәйкес ерітіндіде 1 г Б трилонын бұзу үшін ерітіндіде 0,08 г жуық калий перманганаты қажет екендігі анықталды.

Қымыздық қышқылымен тотықтырудың тиімді параметрлерін анықтау

Қымыздық қышқылын бұзу үшін қажетті калий перманганатының мөлшерін анықтау үшін қымыздық қышқылының түрлі шоғырланулары мен pH ортаның әр түрлі мәндері кезінде үлгілі ерітінділердің тотығуының теоретикалық есебі мен тәжірибелік зерттеулері жүргізілді.

Қымыздық қышқылының ерігіштігін анықтау үшін қымыздық қышқылының бай ерітіндісі дайындалды. Аса байытылу кезінде пайда болған тұнба сүзілді. Қышқылдың шоғырлануын анықтау калий перманганатының стандартты ерітіндісін пайдаланумен титрлеу әдісімен жүргізілді. Титрлеу үшін қымыздық қышқылының аликвоттық бөлімдері (~30 мл) іріктеп алынды, олар HNO₃ шоғырландырылған ерітіндімен тотықтырылды және су моншасында (t= 70-80 °C) ысыту кезінде калий перманганатымен титрленді. Титрлеу 2–3 минут ішінде жоғалмайтын боз-қызғылт түс пайда болғанға дейін жүргізілді.

Қымыздық қышқылын тотықтыруға қажетті калий перманганатының мөлшерін анықтау үшін қымыздық қышқылының шоғырлануы бар ерітінділер: 95, 64,

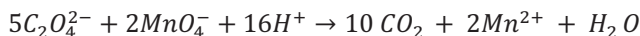
31, 12, 6, 5 және 3 г/л дайындалды. Үлгілі ерітінділерді тотықтыру қалыпты жағдай кезінде ($t=20\pm 2$ °C) қышқыл, бейтарап және сілтілі ортада калий перманганатының 5%-қ ерітіндісімен жүргізілді. pH орталар үлгілі ерітіндіге аммоний гидроксидының ерітіндісін (сілтілі орта үшін) немесе шоғырланған күкіртті қышқылмен (қышқыл ортаны алу үшін) қосу арқылы реттелді. Зерттеулер үшін көлемі 100 мл үлгілі ерітінділер пайдаланылды.

Зерттеулердің нәтижелері мен талқылау

Қышқыл ортада қымыздық қышқылын тотықтыру бойынша тәжірибе жүргізу кезінде ерітіндінің бояуы ақшыл қызғылт түске өзгеруі және тұнудан соң бірнеше минуттан соң қара-қоңыр түсті тұнбаның пайда болуы жүреді. Сілтілі ортада калий перманганатының оксалаттарды тотықтырмайтынын атап өту маңызды [7].

Үлгілі ерітінділердің перманганатты тотығу нәтижелері 2-суретте берілген.

Әдеби деректерге сәйкес [7], қымыздық қышқылының қышқыл ортада тотығуы төмендегі реакцияның стехиометриясына сәйкес өтеді:



Бұл кезде теоретикалық есеп қышқыл ортада 1 г қымыздық қышқылын бұзу үшін 0,68 г калий перманганатының 0,68 г қажет екендігін көрсетті. Жүргізілген тәжірибелік зерттеулерге сәйкес, 1 г қымыздық қышқылын бұзу үшін шамамен 0,71 г шығындалды.

1 г Б трилонын бұзу үшін 0,08 г калий перманганаты қажет екенін және 1 г қымыздық қышқылын бұзу үшін аталған тотықтырғыштың 0,68 г жуық қажет екендігін ескере отырып, СРҚ РҚ ЖН-350 құрамына ұқсас, үлгілі ерітінділерде кешен жасаушы құрамдасты бұзу үшін калий перманганатының қажетті мөлшерін есептеу жүргізілді, оған сәйкес 1 л СРҚ ерітіндісіне (1 л ерітіндінің құрамында 30 г Б трилоны және 8,5 г қымыздық қышқылы бар) 8,4 г жуық калий перманганатын шығындау қажет болады.

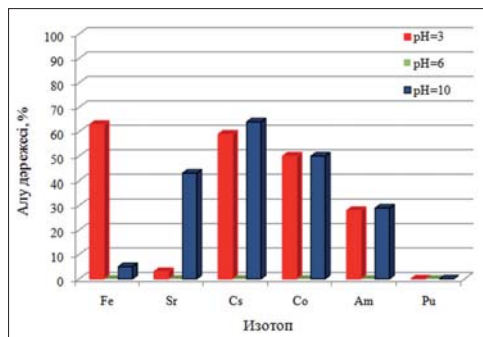
Химиялық және радионуклидтік құрамы СРҚ РҚ ЖН-350 құрамына максималды жақын үлгілі ерітіндідегі органикалық құрамдасы тотығуының таңдап алынған технологиясын тексеру

СРҚ органикалық құрамдасын калий перманганатымен тотықтырудың таңдап алынған технологиясын тиімді тексеру мақсатында химиялық құрамы 1-кестеде берілген үлгілі ерітіндінің тотығуы жүргізілді. Тотықтыру қалыпты жағдайларда қышқыл, сілтілі және бейтарап орталарда жүргізілді. Ортаның pH үлгілі ерітіндіге аммоний гидроксидының ерітіндісін (сілтілі орта үшін) немесе шоғырландырылған күкірт қышқылын (қышқыл орта алу үшін) қосу арқылы реттеліп отырды.

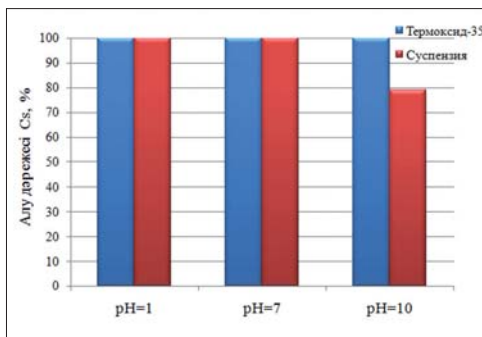
Үлгілі ерітінділер 100 мл көлемде алынды, енгізілетін калий перманганатының мөлшері 0,7 г құрады. Калий перманганаты пайда болатын тұнбаның тұну жылдамдығына байланысты бірнеше минут (5-тен 15 минутқа дейін) ішінде ерітіндіні кезеңмен араластыру және тұндыру кезінде порциямен енгізілді. Калий перманганатының барлық есептелген мөлшерін қосылған соң ерітінділер қағаз сүзгіш арқылы сүзілді. Тұнба ^{242}Pu құрамына талданды, ерітінді гамма-спектрометрде (^{241}Am құрамы анықтау үшін) және индуктивті-байланысқан плазмасы бар масс-спектрометрде (Co, Sr, Cs, Fe құрамын анықтау үшін) ретімен өлшенді. Зерттеулердің нәтижелері бойынша pH әр түрлі мәндері кезіндегі СРҚ органикалық құрамдасын тотықтырудың сатысында үлгілі ерітіндіні радионуклидтерден тазалау дәрежесіне бағалау жүргізілді.

Зерттеулер нәтижелері және талқылау

СРҚ үлгілі ерітінділерін тотықтыру сатысынан кейін және пайда болған тұнбаларды сүзу әдісімен бөлуден соң радионуклидтерден тазалау дәрежесінің нәтижелері 3-суретте берілген.



3-Сурет. pH әр түрлі мәндері кезіндегі үлгілі ерітіндіні радионуклидтерден тазалау дәрежесі



4- Сурет. pH әр түрлі мәндері кезіндегі үлгілі ерітінділерден цезийді бөліп алу дәрежесі

Алынған деректерге сәйкес, сілтілі ортада изотоптарды алу дәрежесі, темірді қоса алмағанда, темір қышқыл ортада ерітіндіден жеңіл бөлінеді және плутоний изотоптары үшін қосымша тұндырушы болуы мүмкін. Алайда плутонийдің темірмен қосымша тұнуы перманганаттық тотығу нәтижесінде жүзеге асқан жоқ. Жеткілікті жоғары көрсеткіштерге Cs, Sr, Co, Am изотоптарынан тазалау бойынша қол жетті. СРҚ тазалаудың негізгі сатылары өңделген соң қалдықтардың жекелеген радионуклидтерден, оның ішінде плутоний изотоптарынан тазалау бойынша қосымша зерттеулер жүргізілетін болады. Бейтарап ортада тазалау бойынша деректер берілген жоқ, өйткені үлгілі ерітіндіге перманганаттың есептеп алынған мөлшері енгізілген соң, тіпті ұзақ уақыт аралығы өткен соң да, тұнбаның түзілуі болған жоқ. Соңынан pH аталған мәндері кезінде тазалау болмайды деген болжам айтуға болады.

Трансурандық радионуклидтерден және ^{90}Sr толықтай тазалауға бағытталған қосымша сатылар қажет болуы мүмкін.

СРҚ цезий изотоптарынан тазалаудың тәсілдерін таңдау

СРҚ Cs изотоптарынан тазалаудың аса тиімді тәсілін таңдап алу мақсатында үлгілі ерітінділер өнеркәсіптік сорбент – Термоксид-35 және мыстың ферроцианидінің жаңа дайындалған суспензиясын пайдаланумен тазаланды.

Үлгілі ерітінділерді цезий изотоптарынан тазалау дәрежесін зерттеу қышқыл, сілтілі және бейтарап ортада қалыпты жағдайлар кезінде ($t=20\pm 2^\circ\text{C}$) жүзеге асырылды. Органың pH үлгілі ерітіндіге аммоний гидроксидының ерітіндісін (сілтілі орта үшін) немесе шоғырландырылған күкірт қышқылын (қышқыл орта алу үшін) қосу арқылы реттеліп отырды. Зерттеулер үшін құрамы 1-кестеде берілген үлгілі ерітінділер пайдаланылды. Әр үлгінің көлемі 100 мл құрады. Зерттеулер үш рет қайталанумен жүргізілді.

Термоксид-35 сіңірімділік қасиетін зерттеу сорбенттің қозғалмайтын қабаты арқылы хроматографиялық бағанда тұрақты жылдамдықпен (сағатына 1 бағаналық

көлем (40 мл)) үлгілі ерітіндіні өткізу жолымен жүргізілді. Тәжірибе ішкі диаметрі 7,9 мм шыны бағанды пайдаланумен жүргізілді. Бағандағы сорбенттің массасы (Термоксид-35) 5 г құрады. Ерітіндіні сорбент арқылы өткізген соң Cs құрамын анықтау мақсатында ерітінді масс-спектрометриялық талдауға жіберілді.

Суспензия 0,25 М $K_4[Fe(CN)_6]$ және 0,5 М $CuSO_4$ ерітінділерін тең көлемде араластыру арқылы зертханалық жағдайда дайындалды. Суспензияның (рН=2) рН ортасының қажетті мәні бұл кезде азот қышқылын қосу арқылы анықталды. Үлгілі ерітіндіге 50 мл суспензия қосылған соң (бұл мыс ферроцианидінің 1 г барабар) ерітінді 30 минут ішінде араластырылды. 15-сағаттай тұнып тұрған соң ерітінді «көк қағаз» типті сүзгі арқылы сүзілді және Cs құрамын анықтау мақсатында масс-спектрометриялық талдауға жіберілді.

СРҚ ерітінділерінен Cs изотоптарын алудың қарастырылып отырған тәсілдерінің ішіндегі аса үнемдірегін таңдау үшін екі сорбенттің: Термоксид-35 пен мыс ферроцианидінің сіңірімділік көлемін салыстырмалы бағалау жүргізілді.

Жоба деректеріне сәйкес [8], Cs изотоптарына қатысты 1 кг Термоксид-35 сіңірімділік көлемі шамамен $3,4 \cdot 10^{10}$ Бк құрайды.

Зертханалық жағдайда дайындалған мыс ферроцианидінің сіңірімділік көлемін анықтау үшін дистилденген су меноның тұзы $CsNO_3$ (2 және 20 мг/л) ретінде берілген тұрақты Cs негізінде дайындалған көлемі 100 мл екі үлгілі ерітінді пайдаланылды. Жоғарыда суреттелген әдістеме бойынша үлгілі ерітінділерге қосылған мыс ферроцианидінің суспензиясы дайындалды. Тұнба біраз тұрған соң ерітінділер қағаз сүзгі арқылы сүзілді. Тазалаудан кейінгі ерітіндідегі цезийдің құрамын анықтау масс-спектрометриялық талдау арқылы жүргізілді. Тәжірибе екі реттік қайталаумен жүргізілді.

Зерттеулердің нәтижелері және талқылау

Екі сорбенттің: Термоксид-35 пен мыс ферроцианиді суспензиясының тиімділігін салыстырмалы талдау нәтижелері кесте түрінде 4-суретте берілген.

Алынған деректерге сәйкес, қарастырылып отырған сорбенттерді пайдалану кезінде ерітінділерді СРҚ Cs тазалау шамамен 99,9 % құрайды. Мыс ферроцианидін пайдаланумен тазалаудың максималды дәрежесі қышқыл және бейтарап ортада байқалады, сілтілі ортада мыс ферроцианидін пайдаланудың тиімділігі аз (СРҚ ерітінділерінен Cs бөліп алу дәрежесі 79 %).

Мыс ферроцианидінің сіңірімділік көлемі бойынша деректер 2-кестеде берілген.

2-Кесте.

Масс-спектрометриялық талдаудың нәтижелері

Үлгі ерітіндісінің №	Бастапқы ерітіндідегі Cs құрамы, мг/л	Сіңіруден кейінгі ерітіндідегі Cs құрамы, мг/л	Cs-ден ерітінділерді тазалау дәрежесі, %
1	2	0,001	99,95
2	2	0,001	99,95
3	20	0,01	99,95
4	20	0,01	99,95

Жүргізілген зерттеулердің нәтижесінде сорбенттің байытылуы жүрген жок. Алынған деректерден көретініміз, суспензияның сіңірімділік көлемі 1 г сорбентке 20 мг Cs кем емес құрайды, бұл ^{137}Cs белсенділігіне қайта есептеу кезінде 1 г сорбентке

$6,6 \cdot 10^{13}$ Бк кем емес мәнді құрайды. Алайда мыс ферроцианиді сіңірімділік көлемінің аталған мөлшері СРҚ ерітінділерінде басқа элементтердің (тұрақты және радиоактивті изотоптар) бар екендігін ескермейді, олар сондай-ақ аталған сорбентпен сіңірілуі мүмкін екендігін ескеру қажет.

СРҚ сіңіру әдісі арқылы Cs изотоптарынан тазалау процесін зерттеу нәтижелері бойынша Термоксид-35 қарағанда мыс ферроцианиді суспензиясы сіңірімділік көлемінің 3 есеге аз екендігі анықталды. Сонымен, тазарту нәтижесінде пайда болған қатты радиоактивті қалдықтардың мөлшері суспензияны пайдалану кезінде төмен болады. Алайда ерітіндінің рН жоғарылаған кезде мыс ферроцианидінің қасиеті төмендейтінін есте сақтаған жөн.

1.2. Ұсынылып отырған технологияның экономикалық бағалануы

Ұсынылып отырған технологияны таңдауға негіздеме беру мақсатында ^{137}Cs $4,8 \cdot 10^{11}$ Бк/м³ ауқымды белсенділігі СРҚ тазартудың екі нұсқасына, сондай-ақ пайда болған қатты радиоактивті қалдықтарды көмуге арналған шығындарға ірілендірілген экономикалық талдау жүргізілді. Болжам бойынша екі жағдайда да шамамен бірдей болатын еңбек шығынын, амортизация, міндетті төлемдер, коммуналдық қызметтер және сыртқы ұйымдардың қызметтерін есепке алмай отыра, СРҚ тазартудың келешегі бар екі нұсқасының негізгі экономикалық кезеңдерін салыстыру мақсатында есептеу жүргізілді.

Жұмыстар берілген бірінші нұсқаға [3] кіретіні: соңынан сүзуі бар СРҚ озондау, Термоксид-35 көмегімен цезий изотоптарынан иондық алмасулық тазалау. СРҚ тазалауының аталған әдісі бойынша шығындарды есептеу кезінде жұмыстың тәжірибелік деректеріне сәйкес [1], СРҚ РҚ ЖН-350 барлық көлемін (5000 м³ жуық) қайта өңдеу үшін, озон бойынша 2,5 кг/сағ. жобалық қуаты бар кем дегенде 10 озондаушы қондырғы пайдалану қажет деп қабылданды. Бір қондырғының құны шамамен 31000000 теңгені құрайды. Сонымен, 1 м³ СРҚ қайта өңдеуге арналған шығындар $31000000 / 5000 \cdot 10 = 62000$ теңге/м³ құрайды.

Реактивтердің құнын есептеуге Термоксид-35 сорбентінің құны кірді (5300 теңге/кг), оның 1 м³ СРҚ қайта өңдеуге арналған мөлшері шамамен 14 кг құрайды. Өнеркәсіптік озонатордың жұмыс қабілеттілігі сағатына 2,5 кг озон [9]. Жұмыста берілген зертханалық зерттеулерге сәйкес [3], 1 м³ СРҚ қайта өңдеуге арналған озонның минималды шығыны кем дегенде 171 кг құрайды. Озонатордың тұтынатын электр энергиясы 37 кВт/сағ. құрайтынын ескере отырып, 1 м³ СРҚ қайта өңдеуге арналған озонатордың жұмыс уақыты 68,4 сағ., электр энергиясының шығыны $37 \cdot 68,4 \cdot 8,01 = 20272$ теңге құрайды.

Ұсынылған технологияның екінші нұсқасы соңынан ерітінділерді сүзуі бар СРҚ органикалық құрамдасын перманганатты тотықтыруға және мыс ферроцианидіде цезий изотоптарынан тазалауға негізделген. Аталған технология бойынша негізгі шығындар реактивтерге: калий перманганаты, күкіртті қышқыл, калий ферроцианиді, мыс сульфаты және азот қышқылына арналған шығындарды құрайтын болады.

1 м³ СРҚ қайта өңдеу кезінде пайда болған қатты радиоактивті қалдықтарды (ҚРҚ) көму кезіндегі шығындарды есептеу кезінде назарға тәжірибелік деректер алын-

ды, оларға сәйкес технологияның бірінші нұсқасы кезінде қатты радиоактивті қалдықтардың мөлшері 16 кг жуық, екіншіде – 8 г құрады.

Қурчатов қ. Қазақстандағы жалғыз ұзақ мерзімді сақтау кешені «Байкал» РАҚ орналасқан. Ресми деректерге сәйкес, 1 кг ҚРҚ көму шамамен 500 теңге құрайды. Барлық есептеулер 1 м³ СРҚ қайта өңдеу үшін бір бірлікке – теңгеге келтірілген.

Осы екі нұсқаның салыстырмалы талдауының нәтижелері 3-кестеде берілген.

3-Кесте.

СРҚ өңдеудің екі тәсілінің іріленген экономикалық есебі

Нұсқа №	1 м ³ СРҚ тотықтыру үшін электр энергиясының құны, теңге	1 м ³ СРҚ тотықтыру үшін арнайы жабдықтың құны, теңге	1 м ³ СРҚ тазалау үшін хим. реактивтердің құны, теңге	1 м ³ СРҚ қайта өңдеу кезінде пайда болған ҚРҚ көмуге арналған шығындар, теңге	Барлығы 1 м ³ СРҚ қайта өңдеуге, теңге
1	20 000	62 000	74 000	8 000	164 000
2	-	-	17 000	4	17 004

Алынған тәжірибелік және есептік деректерден шығатыны, Термоксид-35 салыстырған кезде мысферроцианидін пайдалану кезінде ҚРҚ көмуге арналған шығындар 3 ретке аз, химиялық реактивтердің құны 4 есе арзан, бұл кезде 1 м³ СРҚ қайта өңдеу үшін 62 000 теңге тұруы мүмкін қымбат тұратын жабдық сатып алу қажет емес екендігі анықталды. Процесті жүргізудің қауіпсіздігі және технологияның екінші нұсқасының тиімділігі СРҚ тазартудың ұсынылып отырған тәсілі сұйық радиоактивті қалдықтар РҚ ЖН-350 қайта өңдеу үшін экономикалық жағынан пайдалы болуы мүмкін деген болжам айтуға мүмкіндік береді.

ҚОРЫТЫНДЫ

СРҚ РҚ ЖН-350 қайта өңдеу технологиясының негізгі сатыларын бағалаудың тәжірибелік нәтижелері өзінің тиімділігімен, салыстырмалы қауіпсіздігімен және экономикалық қызықтырушылығымен ерекшеленетін баламалы технология ұсынылды. Аталған органикалық емес СРҚ қайта өңдеу бойынша технологиялық процестің негізгі сатыларына кіретіні:

- кешенқұраушы құрамдастарын тотықтыру сатысы, бұл сатыда СРҚ органикалық құрамдасының жеткілікті тиімді тотықтырғышы ретінде калий перманганаты қолданылуы мүмкін;
- сорбент ретінде мыс ферроцианидін пайдалану ұсынылатын сіңіргіштік тазалау сатысы.

СРҚ органикалық құрамдасын тотықтыру арқылы бұзу және пайда болатын шламды бөліп алу жүргізілген соң қалдықтарды трансуранды элементтерден және ⁹⁰Sr тазалаудың қосымша сатысын қарастыру қажет. Оның ішінде, СРҚ плутоний изотоптарынан толықтай тазалауды қарастыру қажет. СРҚ тұндыру қоса тұндыру және сіңіру әдістерімен тазалау бойынша қайталанатын әрекеттерді пайдалану сұйық радиоактивті қалдықтардың жалпы белсенділігін төмендетуге және негізгі радиоактивті ластаушыларды қатты радиоактивті қалдықтардың аздаған мөлшерінде шоғырландыруы мүмкін.

Шынайы СРҚ РҚ ЖН-350 технологияларды өңдеуден соң және ұсынылып отырған әдістің тиімділігін растаудан кейін аталған технологиялық операциялардың сұйық радиоактивті қалдықтарды кәдеге жарату үшін өнеркәсіптік ауқымда қолданылуы туралы айтуға болады.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. Сұйық органикалық емес РҚ ЖН-350 радиоактивті қалдықтарды қайта өңдеу кешені. Тапсырмалар 157, 157А, 155. Жоба. Технологиялық шешімдер. Том 4. Бөлім 1. Кітап 1. «МЭТР» ЖАҚ, Мәскеу, 2004. Б.13.
2. Рабинович В.А. Қысқаша химиялық анықтамалық /В.А. Рабинович, Хавин З.Я. - М.: Химия, 1977. –Б.376.
3. Қазақстан радиоэкологиясының өзекті мәселелері. – 2- шығарылым Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының 2007–2009 жж. еңбектер жинағы: мақалалар жин. / Лукашенко С.Н. басшылығымен. - Баспа үйі, 2010. –Б. 528.
4. Пршибил Р. Этилендиаминтетрасірке қышқылының және туыстас қосындылардың аналитикалық қолданылуы / Р. Пршибил. – Мәскеу: «Мир», 1975. – Б.40.
5. Кобелев П. АЭС жинақталған балқымаларды қайта өңдеу технологиясы / П.Кобелев, А.Е.Савкин, О.Г.Синякин, Е.А.Качалова, А.Н.Сороколетова, В.Р.Нечаев. П.Кобелев, А.Е.Савкин, О.Г.Синякин, Е.А.Качалова, А.Н.Сороколетова, В.Р.Нечаев // Қауіпсіздік және экология. - 2007. - №3. –Б. 91-98.
6. Дятлова Н.М. Металдардың комплексондары және комплексонаттары / Н.М.Дятлова, В.Я. Темкина, К.И. Попов. – Мәскеу: «Химия», 1988. – Б. 390-395.
7. Крешков А.П. Аналитикалық химия негіздері. Теоретикалық негіздер. Сандық талдау, екінші кітап / А.П. Крешков. – М. Химия, 1976.- 480 б.
8. ЖН-350 реакторының сұйық радиоактивті қалдықтарын қайта өңдеу режимдерін зерттеу: ҒЗЖ туралы есеп.– Мәскеу: МосНПО «Радон», 2001. –Б.11-28.

ОТРАБОТКА ОСНОВНЫХ ЭТАПОВ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ЖРО РУ БН-350

Коровина О.Ю., Лукашенко С.Н., Каширский В.В., Зверева И.О.

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

Данная статья посвящена исследованиям, проведенным с целью разработки эффективной технологии переработки жидких радиоактивных отходов (ЖРО), образовавшихся в результате деятельности реакторной установки на быстрых нейтронах (РУ БН-350), расположенной в г. Актау (Казахстан). Для исследований использовались модельные растворы, имитирующие химический состав ЖРО РУ БН-350, определенный в результате теоретической и практической оценки.

Предлагаемая технология переработки ЖРО основана на последовательном разрушении органической составляющей ЖРО и осаждении радионуклидов с помощью соответствующих реагентов, подобранных с учетом химических свойств присутствующих в ЖРО РУ БН-350 радионуклидов, а также экономических затрат на переработку данных отходов.

В результате экспериментальных исследований предложены основные этапы технологии переработки ЖРО РУ БН-350, выбраны их оптимальные условия. При этом определено, что для окисления органической составляющей ЖРО наиболее приемлемым способом является перманганатное окисление, для очистки ЖРО от изотопов Cs предложено использовать более дешевый сорбент – свежеприготовленную суспензию ферроцианида меди.

Ключевые слова: переработка жидких радиоактивных отходов, реактор на быстрых нейтронах, радионуклидный состав ЖРО РУ БН-350, оценка эффективности очистки ЖРО, перманганатное окисление ЖРО, сорбционная очистка ЖРО, ферроцианид меди, степень очистки от радионуклидов, трилон Б, щавелевая кислота, ^{241}Am , ^{154}Eu , изотопы Pu, ^{90}Sr , $^{134,137}\text{Cs}$, ^{60}Co , ^{54}Mn , ^{90}Sr .

TESTING OF CORE STAGES OF REPROCESSING TECHNOLOGY FOR INORGANIC LRW FROM REACTOR PLANT BN-350

O. Yu.Korovina, S.N. Lukashenko, V.V.Kashirskiy, I.O. Zvereva

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

This paper is devoted to research in order to develop efficient technology for reprocessing of liquid radioactive waste (LRW), formed as a result of the fast neutron reactor operations (BN-350), located in Aktau (Kazakhstan). For the studies we used model solutions simulating the chemical composition of liquid radioactive waste from BN-350, determined based on the certain theoretical and practical assessment.

The proposed technology for reprocessing of liquid radioactive waste is based on the consistent destruction of the organic component of the LRW and the deposition of radionuclides with appropriate reagents, selected taking into account the chemical properties of radionuclides in liquid radioactive waste from the BN-350, as well as the economic costs of reprocessing these wastes.

Based on the experimental studies we suggested the main stages of reprocessing technology of LRW from BN-350, selected their optimal conditions. At the same time there was determined that for the oxidation of the organic component of LRW the most appropriate way is the permanganate oxidation, for cleanup of LRW from Cs isotope it proposed to use a cheaper sorbent - freshly prepared suspension of copper ferrocyanide.

Key words: reprocessing of liquid radioactive waste, fast neutron reactor, radionuclide composition of LRW BN-350, efficiency estimate of purification of LRW, permanganate oxidation of LRW, sorption purification of LRW, ferrocyanide of copper, degree of purification of radionuclides, Trilon B, oxalic acid, ^{241}Am , ^{154}Eu , isotopes of Pu, ^{90}Sr , $^{134,137}\text{Cs}$, ^{60}Co , ^{54}Mn , ^{90}Sr .

УДК 621.386.12:616-07:615.849

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНДАҒЫ РЕНТГЕНДИАГНОСТИКАЛЫҚ ЖАБДЫҚТАРДЫҢ ЭКСПЛУАТАЦИЯЛЫҚ ПАРАМЕТРЛЕРІНІҢ САПАСЫН БАҒАЛАУ

Божко В.В., Мустафина Е.В., Осинцев А.Ю.

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

Аталған жұмыс Шығыс-Қазақстан облысының үлгісінде рентгениягностикалық жабдықтардың эксплуатациялық параметрлерінің сапасын қарастыру үшін жасалған. Бұл мақалада негізгі бақыланатын эксплуатациялық параметрлер, пациент алатын сіңірілген дозасына қатыстылығы бойынша маңыздылығы мен оларды бағалау формасы қарастырылды. Өткізілген жұмыстардың нәтижесі бойынша, Шығыс-Қазақстан облысында зерттелген 32 рентгениягностикалық аппараттың 50% бақыланатын параметрлер бойынша талаптарға сәйкес келмейтіні анықталды.

Түйін сөздер: рентгениягностика, рентгениягностикалық аппараттар, медициналық сәулелену, дозалар, эксплуатациялық параметрлерді бақылау.

КІРІСПЕ

Иондық сәулелену көздерін пайдалану медицинада тұрғындардың сәулелену дозасына қомақты үлес қосады, бұл кезде сәулеленудің негізгі дозасын пациенттер рентгендік алдын алу және рентгениягностикалық процедуралар есебінен алады.

Қазіргі уақытта мемлекеттік бақылау органдарының тарапынан тұрғындар мен қызметкерлердің сәулелену дозаларын төмендету мақсатында рентгенрадиологиялық зерттеулерді жүргізу кезінде радиациялық қауіпсіздік талаптарын сақтауды бақылау қатал бола бастады. Мысалы, 2008 жылдан бастап Қазақстан Республикасында «Сәулелелік диагностика мен терапия кабинеттерін жобалау, ұстау және пайдаланудың санитарлық – эпидемиологиялық талаптары» санитарлық – эпидемиологиялық ережелер мен нормалары (СЕж/еН) енгізілді, оның екінші редакциясы 2010 жылы шықты.

Пациенттердің дозалық жүктемелерін қалыптастыруда рентгениягностикалық жабдықтың техникалық жағдайы мен пайдаланудың дұрыстығы үлкен үлес қосады. Техникалық бұзылушылықтарды анықтау үшін медициналық рентген жабдықтың эксплуатациялық параметрлеріне кезеңдік бақылау жүргізу қажет. Енгізілген Санитарлық – эпидемиологиялық ережелер мен нормалар аталған бақылауды жүргізу мерзімдерін екі жылда кемінде бір рет бекітеді.

2009 жылдан бастап Радиациялық қауіпсіздік және экология институты (РҚЭИ) медициналық рентген жабдықтың эксплуатациялық параметрлерін бақылау бойынша жұмыстар жүргізеді.

Аталған жұмыстың мақсаты – Қазақстан Республикасында рентген жабдықтың эксплуатациялық параметрлерінің сапасына талдау жасау.

1. ТӘЖІРИБЕЛІК БӨЛІМ

1.1. Зерттеу нысандары

Рентгендиагностикалық қондырғылар эксплуатациялық параметрлерінің сапасын бағалау үшін Шығыс-Қазақстан облысының жеті медициналық мекемесінде зерттеулер жасалды. Барлығы 32 рентгендиагностикалық аппарат тексерілді. Аталған зерттеулер өзіне рентгендиагностикалық аппараттардың іс жүзінде барлық типін қосады (1-кесте).

1.2. Зерттеулер жүргізудің әдіснамасы

Тексерілетін эксплуатациялық параметрлердің тізілімі санитарлық-эпидемиологиялық ережелер мен нормалардың 15 қосымшасына сәйкес алынды [1]:

- 1) рентген сәулеленудің шоғырының жиынтық сүзілуі;
- 2) анодтық кернеуді бекіту орындалысының нақтылығы, жартылай әлсіздену қабаты;
- 3) анодтық кернеудің қисық сызық формасын және пульсациясын тексеру;
- 4) анодтық токтың күшін бекіту орындалысының нақтылығы;
- 5) электр мөлшерін бекіту орындалысының нақтылығы (мА·с);
- 6) экспозицияның ұзақтығын бекіту нақтылығы;
- 7) қол және автоматты режимдегі түсіру режимі сәулелену дозасының қайталануы;
- 8) берілген анодтық кернеу сәулелену дозасының сызықтығы желілігі;
- 9) тығын болған кездегі рентген сәулелендірушінің радиациялық қорғанышын тексеру;
- 10) радиациялық шығуды өлшеу;
- 11) сәулелену уақыты кезіндегі 5 мин асатын дабылқаққыштың бар болуы;
- 12) сәулеленудің оптикалық (жарықтық) және рентген өрістерінің сәйкес келуі;
- 13) рентген сәулеленудің орталық сәулесінің штатив қалпының өзгеруі мен фокустық ара қашықтықтың өзгеруі кезіндегі шығуын тексеру;
- 14) аппараттың экрантүсіру қондырғысының жылжымалы бөліктерінің ауысу күші;
- 15) томография кезіндегі киманың бұрышы мен тереңдігі.

Аталған параметрлердің әрқайсысы аппараттың жұмыс қабілеттілігіне әсер етеді және пациент немесе қызметкердің алатын дозасының өзгеруіне өз үлесін қосады. Бұл кезде көптеген параметрлер бір-бірімен байланысты (мысалы, электр мөлшері экспозицияның ток күші мен уақытының көбейтіндісі ретінде есептеп шығарылады). Аппараттың күйі дұрыс қойылған кезде сапалы түсіру алу үшін кернеудің күйі мен электр мөлшерінің арасындағы дұрыс балансты сақтау қажет.

Нақты аталған параметрлерді бақылауды таңдау қажеттілігін түсіну үшін олардың маңыздылығы мен бағалау процедурасын қарастыру қажет.

Параметр 1 – аталған параметр бойынша АІ эквивалентінде берілген, әр түрлі типті аппараттар үшін тән жалпы сүзу мәндерінің диапазоны бар. Сүзуді ұлғайту төмен энергиялы рентген сәулеленудің сіңірілуіне әкеледі, бұл өз кезегінде сіңірілген дозаны азайтады.

Параметр 2–10 % асуға тиіс емес өлшенген күйіне бекітілген күйінің қатынасы ретінде бағаланады. Аталған параметр тікелей дозаға байланысты, кернеу ұлғайған кезде рентген сәулеленудің орташа энергиясы ұлғаяды, сонымен де сіңірілген доза төмендейді.

Параметр 3 – экспозицияны кернеудің бекітілген мәніне келтіру уақытында трубкадағы кернеудің айырмасының қатынасы ретінде бағаланады. Аталған параметр негізінен қуат қондырғысы мен желінің жұмыс сапасын сипаттайды. Аталған параметр бойынша ауытқу аппараттың тұрақсыз жұмысына әкеледі.

Параметр 4–10 % асуға тиіс емес өлшенген күйіне бекітілген күйінің қатынасы ретінде бағаланады. Аталған параметр тікелей дозаға байланысты, тоқтың күші ұлғайған кезде сіңірілген доза да ұлғаяды.

Параметр 5–10 % асуға тиіс емес өлшенген күйіне бекітілген күйінің қатынасы ретінде бағаланады. Тоқ күші сияқты, электр мөлшерінің жоғарылауы сіңірілген дозаның ұлғаюына әкеледі.

Параметр 6–10 % асуға тиіс емес өлшенген күйіне бекітілген күйінің қатынасы ретінде бағаланады. Аталған параметр тікелей дозаға байланысты, экспозиция уақыты ұлғайған кезде пропорция тәрізді сіңірілген доза да ұлғаяды.

Параметр 7–20 % асуға тиіс емес дозаның орташа ауытқуын анықтайды. Аталған параметр негізінен аппараттың жұмыс сапасын сипаттайды. Аталған параметр бойынша ауытқу тұрақсыз жұмысқа және алынатын дозаның қате талдауына әкеледі.

Параметр 8 – тұрақты анодтық кернеу кезіндегі электр мөлшерінен дозаның тәуелділігін анықтайды. Аталған тәуелділіктің сызықты сипаты бар болуы қажет.

Параметр 9 – сәулелендірушінің қорғаныш жүйесі жұмысының дұрыстығын анықтайды. Қорғаныш дұрыс жұмыс істемеген кезде пациенттің де, сол сияқты қызметкердің де бақылаусыз сәулеленуі мүмкін.

Параметр 10 – негізгі жұмыс режимдерінде әр нақты аппарат үшін дозалық жүктемені анықтайды, соңынан аталған мән клиникалық іс-тәжірибеде пайдаланылады. Аталған параметр зерттеулер кезінде алынған пациенттің сіңірілген дозасын есептеу үшін қажет.

Параметр 11 – «скопия» режимінде дабылқакқыштың жұмысқа қабілеттілігін анықтау. Дабылқакқыштың жоқтығы немесе жұмыс істемеуі пациент пен қызметкердің қайта сәулеленуіне әкеледі.

Параметр 12 – айырмашылығы 2 % аспауға тиісті сәулеленудің оптикалық (жарықтық) және рентген өрістерінің сәйкестігін анықтайды. Аталған параметр тікелей дозаға байланысты, рентген өрісінің өлшемі оптикалық өрістің өлшемінен асқан жағдайда, сіңірілген доза медициналық қызметкердің болжағанынан көп болады.

Параметр 13 – геометриялық перпендикулярдан 2 % артық болмауға тиісті фокустық даққа рентген сәулеленудің орталық сәулеге кетуін анықтайды. Аталған параметр түсірімдегі кескіннің сапасына әсер етеді.

Параметр 14 – экрантүсіру қондырғының қозғалмалы бөліктерінің ауысу күшін анықтайды. Аталған параметр аппараттың қозғалмалы бөліктерінің жұмысқа қабілеттілігін сипаттайды (экрантүсіру қондырғысын қажетті қалыпта ұстап тұрудың мүмкін еместігіне әкелетін қозғалмалы шарнирлерінің істен шығуы немесе тоқтап қалуы). Аталған параметр дозаға әсер етпейді.

Параметр 15 – қима тереңдігі үшін 1 мм аса болмайтын және қима бұрышы үшін 1° аса болмауға тиісті өлшенгенге қатысты бұрыш пен тереңдіктің бекітілген күйлеріндегі ауытқуларды анықтайды. Аталған параметр түсірілім алынған ақпараттың сапасы мен нақтылығына байланысты.

Аппараттардың барлық типі үшін барлық талап етілген параметрлерге өлшеу жүргізу барлық кезде мүмкін еместігін атап өту қажет. Соның салдарынан аппараттардың әр типі үшін бақыланатын параметрлердің аталған тізілімін түзету қажет (дентальдық және флюорографиялық аппараттарда оптикалық өріс жоқ және т.с.). Сондай-ақ кейбір параметрлер бойынша зерттеулер инвазивті емес әдіспен өлшеу (анодтық тоқтың күші мен электр мөлшерінің бекітілуінің нақтылығын тексеруге арналған арнайы байланыстың жоқтығы) жүргізудің мүмкін еместігі кезінде жүргізілген жоқ. Аталған жұмыстарды орындау кезінде, 9 тармақ бойынша, зерттеулер жүргізілген жоқ. Бұл тексерілетін аппараттарда сәулелендірушінің терезесін жабуға мүмкіндік беретін тығынның жоқтығына байланысты.

Әрбіреуі жеке қарастырылған соң барлық параметрлер 2 топқа: сіңірілген дозаға тікелей әсер ететін параметрлер және дозаға жанама әсер ететін дозалар тобына бөлінді. Бірінші топқа 1, 2, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11 және 12 параметрлер жатады. Екіншіге – 3, 7, 13, 14, 15 жатады.

Эксплуатациялық параметрлерді бақылау бойынша қызметтерді көрсету саласында тиісті талаптардың болуы кезінде Қазақстан Республикасының мемлекеттік тізіліміне енгізілген өлшеулерді жүргізу бойынша барлығы тек төрт құжат бар. Аталған құжаттар Қазақстан Республикасындағы бар рентгендиагностикалық жабдық паркінің қажетті бақыланатын параметрлері мен типтерінің аз бөлігін қамтиды. Жеткіліксіз нормативті-құқықтық құжаттаманың жоқтығына байланысты барлық зерттеулер ресейлік және халықаралық стандарттарға сәйкес жүргізілді.

Зерттеулерді жүргізу кезінде келесі өлшеу құралдары, фантомдар мен тест-нысандар пайдаланылды:

- Unfors Xi типті рентген аппараттардың сипаттамаларын бақылауға арналған әмбебап дозиметр;
- ТПП Ref.162A шоғыры перпендикулярлығының тест-нысаны;
- ТСП Ref.161 өрістер сәйкестігінің тест-нысаны;
- ТКЛ-1 және ТКЛ-2 желілік томографиясына арналған тест-нысан жиынтығы;
- ТКЧ-11/21 қарама-қарсылықтық сезімталдылығының тест-нысаны;
- Ref : 011A Tissue-Equivalent Mammography Phantom маммографиялық арнайы фантом;
- Ref.VD0903150 Digident U Dental Phantom дентальдық фантом.

2. НӘТИЖЕЛЕР

2.1. Шығыс-Қазақстан облысы бойынша бақылау жүргізу нәтижелері

Аталған зерттеулерді жүргізу барысында 1-кестеде берілген нәтижелер алынды.

1-Кесте

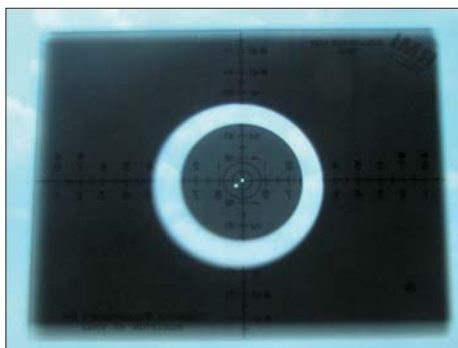
Эксплуатациялық параметрлердің бақылауына зерттеу жүргізу нәтижелері

Аппараттар типі, саны	Талаптарға сәйкестігі	Тексерілетін параметрге байланысты аппараттар саны, дана														
		Параметр 1	Параметр 2	Параметр 3	Параметр 4	Параметр 5	Параметр 6	Параметр 7	Параметр 8	Параметр 10	Параметр 11	Параметр 12	Параметр 13	Параметр 14	Параметр 15	
Рентген- диагностикалық аппараттар (РДА), 5 дана	Сәйкес	5	4	4			3	5	5	5	2	4	4	5	2	
	Сәйкес емес		1	1	1	1						1	1			
	Бағалау мүмкін емес				4	4	2				3				3	
Палаталық аппарат- тар, 12 дана	Сәйкес	12	11	12			5	12	12	12		9	8	12		
	Сәйкес емес		1				3					3	4			
	Бағалау мүмкін емес				12	12	4				12				12	
Флюорографиялық аппараттар, 4 дана	Сәйкес	4	1	3				4	3	4						
	Сәйкес емес		3	1					1							
	Бағалау мүмкін емес				4	4	4				4	4	4	4	4	
Дентальдық аппа- раттар, 4 дана	Сәйкес	4	3	4			1	4	4	4			2	4		
	Сәйкес емес		1										2			
	Бағалау мүмкін емес				4	4	3				4	4			4	
Маммографиялық аппараттар, 4 дана	Сәйкес	4	3	4				4	4	4		3	4	4		
	Сәйкес емес		1													
	Бағалау мүмкін емес				4	4	4				4	1			4	
Рентгенграфикалық аппараттар, 3 дана	Сәйкес	3	2	3			2	3	3	3		3	3	3		
	Сәйкес емес		1													
	Бағалау мүмкін емес				3	3	1				3				3	

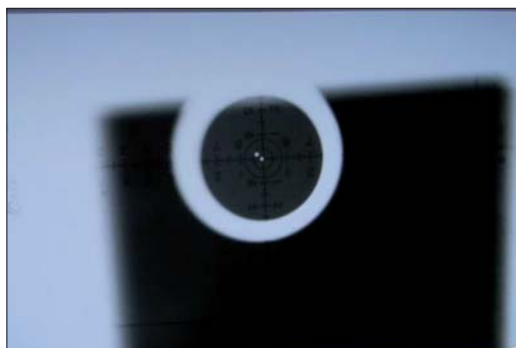
Алынған деректерге талдау жүргізу барысында (1-кесте) бір аппаратта талап етілген параметрлердің екі немесе одан көп сәйкессіздік жағдайлары тіркелді.

Зерттеулерді жүргізу кезінде анықталған сәйкессіздіктің негізгі себептері - жоғары кернеуді жасайтын жүйелерге және рентген сәулеленудің шоғырын қалыптастыратын жүйелерге (радиациялық және жарықтық өрістердің сәйкессіздігі) байланысты

проблемалар болып табылады. Бұл кезде екі бұзылушылық та дозаға тура әсер ететін параметрлерге жатады. Радиациялық және жарықтық өрістердің сәйкессіздігінің (5 % аса) мысалы 1-суретте берілген.



Талаптарға сәйкес келеді



Сәйкес келмейді

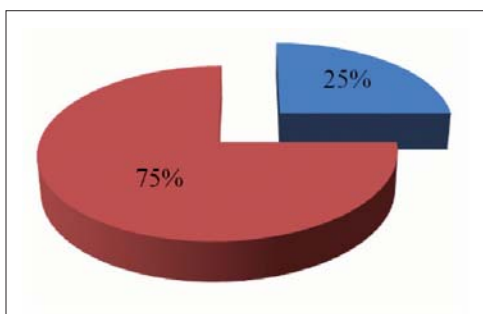
1-Сурет. 12 және 13 тармақтарды өлшеу кезінде алынған түсірулер

Тексерілген рентгендиагностикалық аппараттың барлық 50 % Санитарлық – эпидемиологиялық ережелер мен нормаларының 15-қосымшасында берілген параметрлер бойынша талаптарға сәйкес келген жоқ [1].

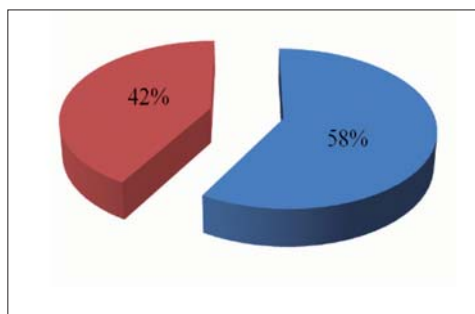
Таңдап алынған жіктемеге сәйкес, тексерілген рентгендиагностикалық аппараттың 44 % сіңірілген дозаға тура әсер ететін параметрлер бойынша және 6 % – дозаға жанама әсер ететін параметрлер бойынша талаптарға сәйкес келмейді.

Аппараттың шығарылған мерзіміне байланысты эксплуатациялық параметрлердің сапасын талдау (2-сурет) қызмет мерзімі 20 жылдан кем аппараттардың 42 % талаптарға сәйкес емес, ал кейбір жағдайларда бұл санатқа 2008-2009 жж. шығарылған аппараттар кіретінін көрсетті.

20 жылдан кем болған аппараттар 20 жылдан асқан аппараттар



■ талаптарға сәйкес



■ талаптарға сәйкес емес

2-Сурет. Аппараттың қызмет көрсету мерзіміне байланысты эксплуатациялық параметрлерге бақылау жүргізу нәтижелері

Нашарлау көрініс шыққан мерзімі 20 жылдан асқан аппараттарды қарастырған кезде көрінеді (2-сурет, екінші диаграмма), бұл жағдайда аппараттардың тексерілген паркінің $\frac{3}{4}$ сәйкессіздік бар.

2.2. Қазақстан Республикасындағы бақылау ахуалы

Республикалық санитарлық-эпидемиологиялық стансаның ұсынған ресми деректері бойынша, 2008 жылға Қазақстан Республикасында 1814 рентгендиагностикалық аппарат болды (2-кесте).

2-Кесте.

Қазақстан Республикасындағы медициналық мекемелердегі рентген аппараттардың саны

№ р/р	Атауы	Саны
1	Рентгенография	726
2	Рентгенография, рентгеноскопия	264
3	Рентгенография, рентгеноскопия, томография	15
4	Рентгенография, томография	1
5	Рентгеноскопия	9
6	Рентгенотерапия	22
7	Рентгенофлуоресценттік талдау	47
8	Ангиограф	3
9	Денталдық	206
10	Кардиология	1
11	Литотриптер	1
12	Маммография	85
13	Сүйектердің тығыздығын анықтау	1
14	Томография	30
15	Урология	4
16	Флюорография	385
17	Басқалары	14
	БАРЛЫҒЫ	1814

Қазіргі уақытта рентгендиагностикалық жабдықтың эксплуатациялық параметрлеріне бақылау жүргізуге лицензиясы бар 4 ұйым бар (Қазақстан Республикасының Атом энергетикасы жөніндегі комитеті берген ресми ақпарат):

1. «Гамма ҒӨК», Алматы қ.;
2. «ЭКОСЕРВИС-С» ЖШС, Алматы қ.;
3. «Алия және Ко» ЖШС, Ақтөбе қ.;
4. ҚР ҰЯО РМК «Радиациялық қауіпсіздік және экология институты» ЕМК, Қурчатов қ.

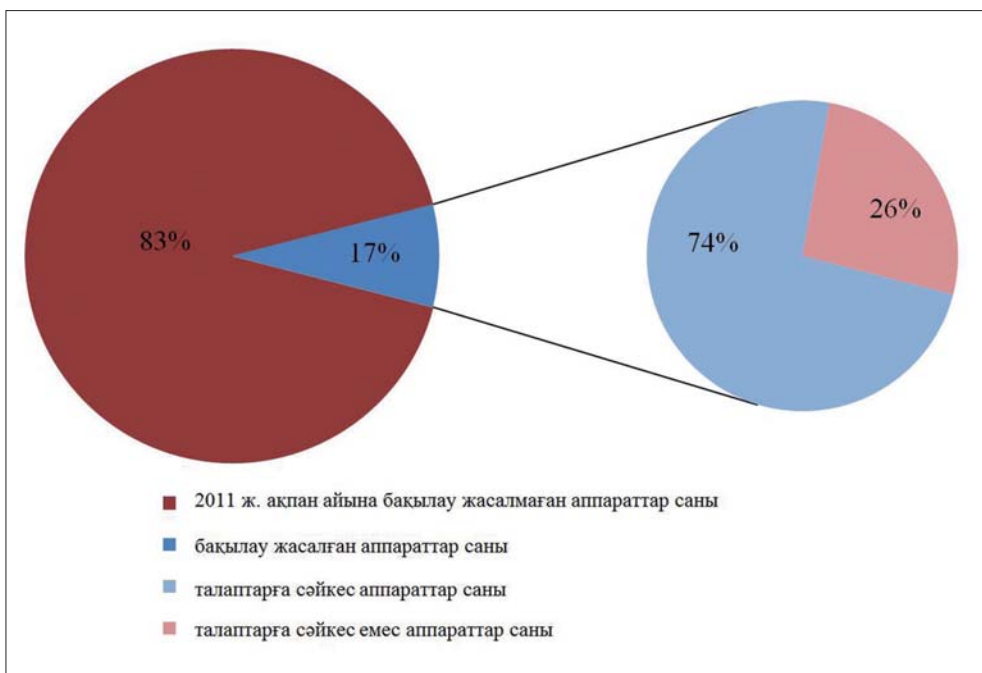
Осы ұйымдардың барлығына олардың тексерген аппараттар саны және талаптарға сәйкес емес аппараттар саны бойынша сұрату жасалды. Рентгендиагностикалық жабдықтың эксплуатациялық параметрлеріне бақылау жүргізуге лицензиясы бар

ұйымдардың берген деректері бойынша жасалған статистика бойынша 2011 жылғы ақпан айының аяғына тұтасымен алғанда Қазақстан Республикасы бойынша келесі деректер алынды (3-сурет, 3-кесте).

3-Кесте.

2011 жыл ақпан айының аяғында Қазақстан Республикасы бойынша эксплуатациялық параметрлерге бақылау жүргізудің нәтижелері

Бақылау жүргізетін ұйым	Бақылау жүргізілген қондырғылардың саны		
	Барлығы, дана	Нормаларға сәйкес емес	
		дана	%
«ЭКОСЕРВИС-С» ЖШС	48	10	21
«Гамма ҒӨК» ЖШС	62	12	19
«Алия және Ко» ЖШС	3	0	0
«Радиациялық қауіпсіздік және экология институты»	32	16	50
Барлығы	145	38	26



3-Сурет. 2011 жыл ақпан айының аяғында Қазақстан Республикасы бойынша эксплуатациялық параметрлерге бақылау жүргізудің нәтижелері

Барлығы Қазақстан Республикасында 2011 жыл ақпан айының аяғында рентген-диагностикалық аппараттардың шамамен 83 % тексерілмеген күйінде қалды.

ҚОРЫТЫНДЫ

2008 жылдан бастап Қазақстан Республикасында медициналық тексеру кезіндегі дозалық жүктемені шектеу мақсатында сәулелік диагностика кабинеттерін жобалау, қалыпта ұстау және пайдалану талаптарына эксплуатациялық параметрлерін бақылау кіргізілді.

Қазіргі уақытта бақылау органдарының қысымымен рентгендиагностикалық жабдықты пайдаланушы медициналық мекемелер бақылаудың аталған түрін жүргізу үшін тиісті ұйымдарға жиі өтініш білдіреді. Егер 2010 жылдың аяғында Шығыс-Қазақстан облысы бойынша кемінде 10 аппарат тексерілген болса, онда 2011 жылдың бірінші тоқсанына аталған мөлшер 32 дейін өсті.

Шығыс-Қазақстан облысы бойынша жүргізілген талдау нәтижесінде, медициналық тексерістер жүргізілетін рентгендиагностикалық аппараттардың 50 % талаптарға сәйкес емес екені анықталды. Жалпы алғанда Қазақстан Республикасы бойынша рентгендиагностикалық аппараттардың 26 % кем емес бөлігі талаптарға сәйкес емес.

Мақала авторлары ұсынылған мәліметтер үшін «Экосервис-С» ЖШС қызметкерлері М.А.Ахметовке, Т.В.Туманбаевқа; «Алия және Ко» ЖШС қызметкерлері Г.К.Баудияроваға, А.Баудияровқа, М.И.Васинаға; «НПП Гамма» ЖШС қызметкерлері М.Ш.Аймановқа, Н.А.Локтинаға, Р.Верменичевке; Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының қызметкері А.В.Дементьевке алғыстарын білдіреді.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. «Сәулелелік диагностика мен терапия кабинеттерін жобалау, ұстау және пайдаланудың санитарлық – эпидемиологиялық талаптары» санитарлық – эпидемиологиялық ережелер мен нормалары, 12.08.2010, №633.

**ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ
РЕНТГЕНОДИАГНОСТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ
В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН**

Божко В.В., Мустафина Е.В., Осинцев А.Ю.

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

Данная работа проведена для рассмотрения качества эксплуатационных параметров рентгенодиагностического оборудования на примере Восточно-Казахстанской области. В статье рассмотрены основные контролируемые эксплуатационные параметры, их значимость по отношению к поглощенной дозе, получаемой пациентом, и форма их оценки. По результатам проведенных работ было установлено, что в Восточно-Казахстанской области из 32 обследованных рентгенодиагностических аппаратов 50 % не соответствуют требованиям по контролируемым параметрам.

Ключевые слова: рентгенодиагностика, рентгенодиагностические аппараты, медицинское облучение, дозы, контроль эксплуатационных параметров.

**QUALITY ASSESSMENT OF OPERATIONAL PARAMETERS
OF X-RAY EQUIPMENT IN KAZAKHSTAN**

V.V. Bozhko, E.V. Mustafina, A. Yu. Ossintsev

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

This work has been done to review the quality of operational parameters of X-ray diagnostic equipment at the example of East-Kazakhstan region. The paper describes the main controlled operating parameters, their significance in respect to the absorbed dose being received by the patient and the form of assessment. The results of the work have found that in the East Kazakhstan region out of the 32 surveyed X-ray machines, 50 % did not meet the requirements for controlled settings.

Keywords: X-ray diagnostics, X-ray diagnostic machines, medical exposure, dose, monitoring of operational parameters.

УДК 615.849.12:504.75.05

ҚЫЗМЕТКЕРЛЕРДІҢ ДОЗАЛЫҚ ЖҮКТЕМЕЛЕРІ БОЙЫНША АҚПАРАТТАРДЫ ӨНДЕУ ЖӘНЕ САҚТАУҒА АРНАЛҒАН ДЕРЕКТЕР БАЗАСЫ

Семенин М.С., Осинцев А.Ю., Мустафина Е.В.

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

Мақалада қызметкерлерге арналған дозалық жүктемелер бойынша ақпараттарды өңдеу және сақтау үшін жасалып жатқан деректер базасы суреттелген. Деректер базасының негізгі әзірлемелері мен қызметтерінің мақсаты анықталды. Қызметкерлерге жеке дозиметрлік бақылау өткізу барысында алынған деректерді өңдеу және сақтауға қатысты құрылым толық суреттелген. Сонымен қатар, деректер базасын әзірлеудегі негізгі мүмкіндіктер мен оны келешекте жетілдіру жағы суреттелген.

Түйін сөздер: жеке дозиметрлік бақылау, деректер базасы.

КІРІСПЕ

Әлемде атом энергиясын пайдаланудың негізгі принциптерінің бірі – адам мен қоғам үшін алынған пайданың қосымша сәулеленумен келтірілген болжамды зиян қауіпінен аспайтын сәулелену көздерін пайдалану бойынша барлық қызмет түрлеріне тыйым салу принципі болып табылады. Бұны бақылау тек қызметкер мен тұрғындарға дозаларды сақтау мен есепке алудың қолданыстағы жүйесі кезінде ғана мүмкін.

Қазіргі уақытта Қазақстанда азаматтардың иондық сәулелену көздерімен жұмыс кезінде, медициналық рентгенрадиологиялық процедуралар жүргізу кезінде, сондай-ақ техногенді радиациялық аяға байланысты алған жеке сәулелену дозаларын бақылау мен есепке алуды реттейтін бірқатар нормативтік-құқықтық актілер бар.

Қазақстан Республикасы Үкіметінің 2003 жылғы 19 желтоқсандағы №1277 «Азаматтардың иондық сәулелену көздерімен жұмыс кезінде, медициналық рентгенрадиологиялық процедуралар жүргізу кезінде, сондай-ақ техногенді радиациялық аяға байланысты алған жеке сәулелену дозаларын бақылау мен есепке алу ережелерін бекіту туралы» қаулысына сәйкес, Республикада «Азаматтардың жеке дозаларын бақылау және есепке алудың мемлекеттік жүйесі» қалыптасып, қолданылуға тиіс. Аталған жүйе қызметкерлер мен азаматтардың жеке дозиметриялық бақылауын жүргізу туралы деректерді жинап, сақтауға, жылдық тиімді дозаның, сондай-ақ кәсіби жұмыстың барлық кезеңі үшін жиынтық тиімді жеке дозасының есебін жүргізуге тиіс.

Деректер базасын әзірлеу мақсаты – шешімдерді қабылдау үшін релевантты шешімдерді қабылдайтын тұлғаға ықтимал мүмкіндіктерді пайдаланудың тиімділігін жоғарылату болып табылады.

Деректер базасының қызметі өзіне келесі элементтерді қосады:

- ақпаратты жинау және сақтау;
- қызметкердің жинаған дозаларын талдау үшін деректер ұсыну;

- бекітілген шектерден жоғары сәулеленуге ұшыраған тұлғаларды есепке алу;
- тұрғындар, кәсіпорындар, мекемелер, ұйымдар үшін азаматтардың сәулелену дозалары туралы объективті және шынайы ақпаратты алу мүмкіндігін қамтамасыз ету.
- есептердің генерациясы, жинақталған статистиканы талдау және көзбен шолу.

ҚҰРЫЛЫП ЖАТҚАН ДЕРЕКТЕР БАЗАСЫН СУРЕТТЕУ

Әзірлеу үшін деректер базасын жазудың платформасы жүргізілген болатын. Жұмыс платформасы ретінде MySQL деректер базасын басқарудың еркін жүйесі (ДББЖ) таңдап алынды.

Клиент-сервер технологиясын қамтамасыз ету үшін Web-интерфейс таңдап алынды, бұл мульти платформалық бағдарламалық қамтамасыздандыруды құруға мүмкіндік береді. Аталған бағдарламалық қамтамасыздандыру еркін таратылады. Осыған байланысты бағдарламалау мен таңбалаудың келесі тілдері: PHP, HTML, JavaScript пайдаланылады.

Қазіргі уақытта Радиациялық қауіпсіздік және экология институты деректер базасының құрылымы (1-сурет) мен ресімделуі әзірленді.

Базаның құрылымында адам туралы деректер кестесі ортасы болып табылады. Аталған кестеде қызметкер туралы негізгі деректер: тегі, аты, әкесінің аты, ұйымы, кәсібі туралы деректер, туған күні және т.б. сақталады. Адам жұмыс орнын ауыстырған жағдайда деректер базаға енгізіледі. Қажет кезінде адамның қандай жұмыс орнында және қандай лауазымда максималды сәулелену алғанын анықтау қажет болуы мүмкін.

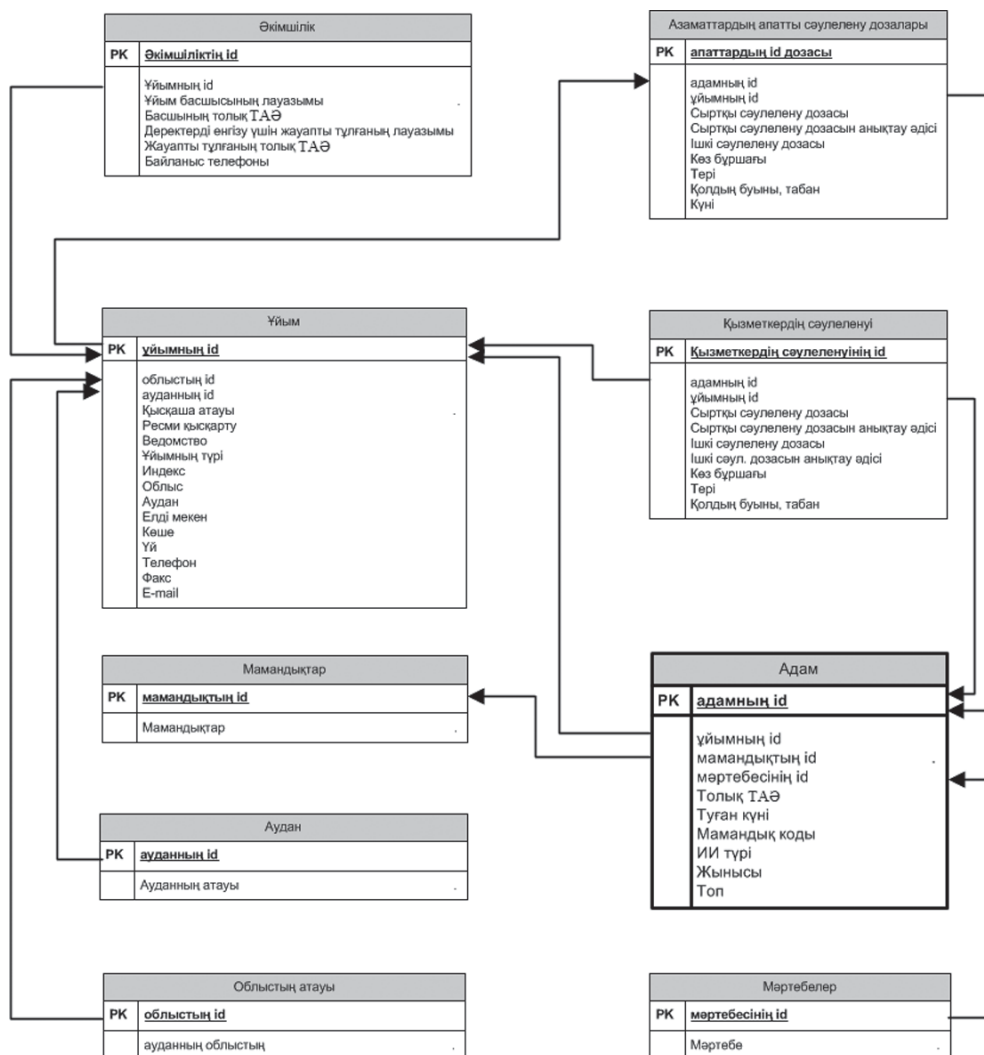
Деректер базасын ресімдеудің құрылымы жеке дозиметриялық бақылаудың деректерінің ұйымдар мен ұйымдар орналасқан қалалар бойынша топталғандығына қарай қалыптасқан. Қаланы таңдаған кезде аталған қалада орналасқан, қызметкерлері жеке дозиметриялық бақылауға қойылған ұйымдардың тізімі шығады.

Тиісінше, ұйымды таңдаған кезде бақылау жүргізіліп жатқан қызметкердердің тізімі ашылады. Жүйеде Қазақстан Республикасының нормативті базасының талаптарын бақылау қарастырылған, мысалы, жүйе әйелдердің жасын тексеріп отырады және алынған дозалар бойынша жеке талаптары бар 45 жасқа дейінгі әйелдерді көрсетеді.

Базаны ресімдеу және қызметі, сонымен, максимум ақпаратты беріп, жұмыста қолайлы жағдай жасау, жеке дозиметриялық бақылауды жүргізу кезінде алынған ақпаратты өңдеуді жеңілдету және жылдамдату үшін әзірленеді.

ДЕРЕКТЕР БАЗАСЫНЫҢ МҮМКІНДІКТЕРІ

Әзірленіп жатқан деректер базасы Ресей федерациясының №1-ДОЗ «Иондық сәулеленудің техногенді көздерді қалыпты пайдалану жағдайында қызметкерлердің ішінен тұлғалардың сәулелену дозалары туралы мәліметтер» және №2-ДОЗ «Радиациялық апат немесе жоспарланған жоғары сәулелену жағдайында қызметкерлердің ішінен тұлғалардың, сондай-ақ апатты сәулеленуге ұшыраған тұрғындардың ішінен тұлғалардың сәулелену дозалары туралы мәліметтер» деректерін жинау формасына ұқсас деректердің екі типін қабылдайды.



1-Сурет. Деректер базасының құрылымы

Деректер базасы серверлік жабдықтың аппараттық қамтамасыздандыру өлшемдерімен ғана шектелген жазулардың үлкен көлемін сақтауға қабілетті.

Базаның негізгі мүмкіндіктеріне жатады:

- ақпаратты жинау, өңдеу, шығару процесін автоматтандыру;
- жеке дозиметрлердің сақталуын есепке алуды автоматтандыру;
- қызметкер алған дозалар туралы деректердің кестелік кескіні және оларды тұтас алғанда елде ғана емес, сондай-ақ бір ұйымның шегінде де тарату;
- бақылаушы ұйымдарға беру үшін хаттамаларды дайындауды автоматтандыру;

Аталған кезеңде деректер базасы келесі деректерді сұрату формасына сәйкес (2-сурет) кесте түрінде шығаруы мүмкін және қызметкердің алған дозаларының тоқсан бойынша таралу деректері шығарылады (3-сурет).

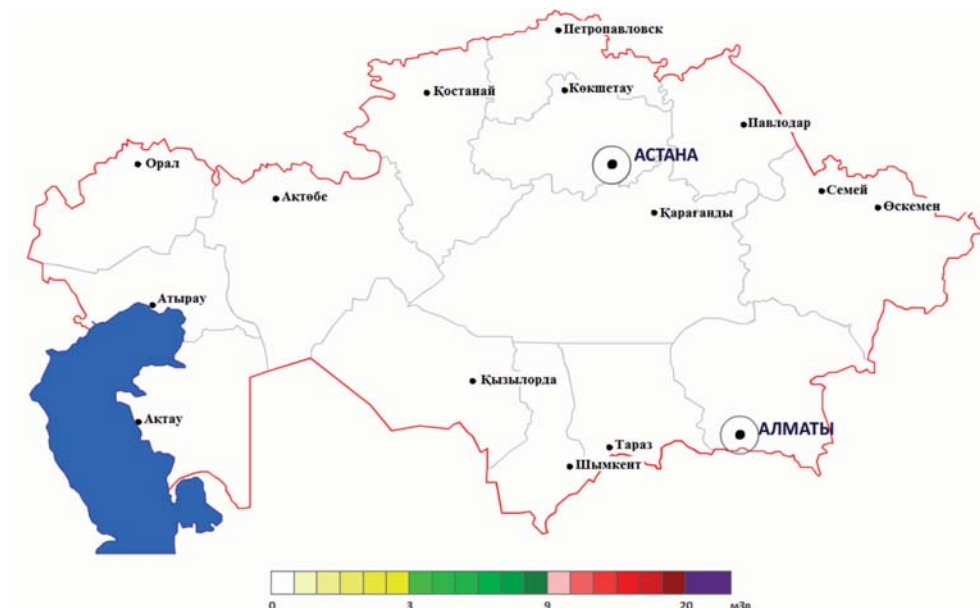
Кесте түрі	Кестені таңдаңыз
Жыл:	Жылды таңдаңыз
Облыстар:	Барлық облыстар
Қалалар:	Барлық қалалар
Ұйым:	Барлық ұйымдар
Санаты:	Барлық санаттар және тұрғындар
Кестені дайындау	

2-Сурет. Сұрату формасы



3-Сурет. Қызметкерлердің дозаларының тоқсандар бойынша таралуы

Сондай-ақ интерактивті карта әзірленуде, ол Қазақстан Республикасының облыстары бойынша қызметкердің алған максималды, орташа және минималды дозаларын кесте түрінде көрсететін болады (4-сурет).



4-Сурет. Дозалардың таралу картасы

Көппайдаланушылық жұмысты оқшау желілер бойынша және Internet жаһандық желісі арқылы деректер базасымен қолдау маңызды ерекшеліктердің бірі болып табылады. Бұл деректер базасының серверіне тікелей жақын, сол сияқты алыста орналасқан операторлардың үлкен санының бір уақыттағы жұмыс істеуіне мүмкіндік береді.

Жұмыс интерфейсінің қарапайымдылығы тіпті GPRS, телефондық қосылулар (dial-up) және т.б. сияқты деректерді берудің әлсіз желілерінде де жұмыс мүмкіндігін қамтамасыз етеді.

Әзірленіп жатқан деректер базасы радиологиялық зерттеулер зертханасына тестілік пайдалануға қосылды. Пайдалану барысында базаға зертханадағы жұмыстар барысында алынған қызметкердің жеке дозиметриялық бақылау деректері енгізіледі. Қателер анықталады, түзетіледі, сондай-ақ деректер базасын толықтырып отыру жүргізіледі.

Тұтасымен алғанда, деректер базасы жұмысқа қабілетті және қорғаныш шараларын жүзеге асыру және аппараттық құралдарды қамтамасыз ету кезінде Internet жаһандық желісінде жұмыс істеу үшін қосылуы мүмкін.

ҚОРЫТЫНДЫ

Деректер базасының даму келешегінде деректер базасында сақтаулы деректерді Online режимінде қарау, талдау, бағалау мүмкіндіктерін жүзеге асыру жоспарлануда. Бақылау органдарына есептік құжаттаманы тапсыру үшін алынған деректер негізінде

құжаттарды дайындау үлгісі, сондай-ақ статистикалық, кестелік, көзбен шолу деректерін (сұлбалар, кестелер) шығару әзірленуде.

Осындай деректер базасын мемлекеттік деңгейде әзірлеу өзекті деректер негізінде Қазақстан Республикасы азаматтарына дозалық жүктемені төмендетуге бағытталған келісілген шешімдерді қабылдау үшін деректердің жинағын жылдамдатуға мүмкіндік береді. Жүйенің болуы Қазақстан Республикасы азаматтарына дозалық жүктемені төмендетуге ұдайы себепші болады.

БАЗА ДАННЫХ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ ПО ДОЗОВЫМ НАГРУЗКАМ НА ПЕРСОНАЛ

Семенин М.С., Осинцев А.Ю., Мустафина Е.В.

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

В статье описана разрабатываемая база данных для хранения и обработки информации по дозовым нагрузкам на персонал. Определены цели разработки и основные функции базы данных. Описана подробная структура хранения и обработки данных, полученных при проведении индивидуального дозиметрического контроля персонала. Также описаны основные возможности разрабатываемой базы данных и перспективы развития.

Ключевые слова: индивидуальный дозиметрический контроль, база данных.

DATABASE FOR STORING AND PROCESSING INFORMATION ON DOSE LOADS FOR STAFF

M.S. Semenin, A.Yu. Ossintsev, E.V. Mustafina

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

The paper describes a database being developed for storing and processing information on dose loads to personnel. Objectives and basic functions of the database have been identified. We describe the detailed structure of the storage and processing of data obtained during the individual monitoring of personnel. It also describes the main features of the database developed and prospects.

Key words: individual dosimetric monitoring, database.

УДК 528:577.4:504.064

«ССП» ГАЖ-ЖОБАСЫН ӘЗІРЛЕУ

Яковенко Ю.Ю., Лукашенко С.Н., Субботин С.Б.

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

Бұл мақалада «ССП» ГАЖ-жобасын өңдеу және әзірлеу бойынша жұмыстардың нәтижелері келтірілген, сонымен қатар зерттеулерді ұйымдастыруға арналған оның үлгілері мен аумақтың және экожүйенің хал-ахуалын бағалауға арналған деректердің талдамасы келтірілген.

Бұрынғы Семей сынақ полигонының (ССП) аумағына қатысты ақпараттардың үлкен көлемі жинақталды, осыған байланысты деректерді сақтауға, уақытылы енуге және тиімді өңдеуге қатысты мәселелер туындайды. ССП-ғы кешенді зерттеулерді іске асыруда және осы мәселелерді шешу үшін ГАЖ технологиясы негізінде «ССП» ГАЖ-жобасы өңделді және әзірленіп жатыр.

Аталған өңдеулер жинақталған ақпараттардың, сонымен қатар ССП мен жеке бір сынақ алаңдарының радиациялық ластануы бойынша үлкен көлемін жүйеге келтіруге, сонымен қатар мамандардың көпшілігіне ақпараттық және аналитикалық қызмет көрсетуді тұрақты қамтамасыз етуге мүмкіндік берді.

Түйін сөздер: ГАЖ-жобасы, қабат, деректер базасы, бастапқы деректер, деректер талдамасы.

КІРІСПЕ

Қазіргі уақытта бұрынғы Семей сынақ полигоны (ССП) аумағына қатысты үлкен көлемді ақпарат жинақталған, бұл - ғылыми-зерттеу бағдарламаларының, коммерциялық жобалардың нәтижелері, және де оларды әр түрлі ұйымдар орындаған. Ақпараттың үлкен көлеміне байланысты деректерді сақтауға, уақытылы енуге және тиімді өңдеуге қатысты мәселелер туындайды. Бұл міндеттерді шешу мен геоақпараттық жүйелерді (ГАЖ) қолдану ССП кешенді зерттеуді жүзеге асыру үшін аса тиімді.

«ССП» ГАЖ-жобасын әзірлеудің басты мақсаты – ГАЖ технологиясы негізінде төмендегілер үшін ақпараттық үлгі құру:

- бұрынғы ССП аумағына қатысты ақпаратты жинау және жүйелеу;
- дала жұмыстарын орындау үшін бастапқы деректерді дайындау;
- тиісті шешім қабылдау үшін зерттеулер жүргізу барысында алынған деректерді талдау;
- аумақтың ластануының сипаты мен механизмін анықтау.

1. ЖҰМЫСТАРДЫҢ ЖАЛПЫ СУРЕТТЕМЕСІ

1.1 ГАЗ-жобасын құру әдістемесі

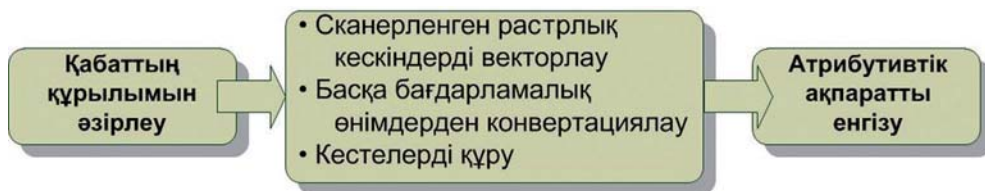
ГАЗ-жобасының үлгісі үш негізгі құрауыштардан құрылды: бастапқы деректер, бағдарламалық блок және талдау. Төртінші құрауыш, шешімдерді қабылдау блогы, жүйенің нәтижеге келтіруші құрауышы болып табылады [1].

ГАЗ-жобасын құру үшін *аспан* (бағдарламалық өнім) ретінде талдау үшін қосымша модулі (Spatial Analyst, Geostatistical Analyst) ArcGIS 9.x бағдарламасы қолданылды. ГАЗ-жобасы WGS-1984_UTM_Zone_43N (Universal Transverse Mercator Zone 43, сфероид WGS 84) координаттар жүйесінде орындалды – бұл қазіргі уақытта Қазақстанда және басқа елдерде деректерді бірыңғай стандартқа келтіру үшін қолданылатын координаттардың халықаралық тікбұрышты жүйесі.

ГАЗ-жобасы үшін *бастапқы деректер* дегеніміз - әр түрлі есептер, қашықтан барлау деректері, топографиялық және тақырыптық қағаз карталар, дала және зертханалық зерттеулердің деректері. Бастапқы деректер ядросының негізін геодеректер базасы және «Радиоэкология» деректер базасы құрды. Базалар арасындағы байланыс кіріктірілген OLE DB Connection функциясы арқылы жүзеге асады.

ССП «Радиоэкология» бойынша аналитикалық деректердің арнайы базасы ССП аумағындағы радиоэкологиялық ахуалды зерттеу бойынша жұмыстарды (әр түрлі талдау нәтижелері бар 40 000 аса сынамалар) жүргізу барысында жинақталған құрылымдалған нақты материалдар ретінде берілген және ол үнемі көбейеді. База ДБАБ Access арқылы жүзеге асты, өйткені оның интерфейсі жеткілікті қарапайым және тұтынушыға деректерді өз қалауынша өзгерту үшін қолайлы мүмкіндік береді.

Бастапқы деректерді өңдеуге 1-суретте берілген әрекеттер реті кіреді.



1-Сурет. Бастапқы деректерді өңдеу

Бастапқы деректерді өңдеу әр қабаттың құрылымын құруды қарастырады, яғни талдау үшін деректердің жеткілікті көлемін алу үшін қабаттың қандай ақпараты болуы керек екендігі анықталды.

Келесі кадаммен, бастапқы деректердің типіне байланысты бастапқы ақпаратты геодеректер базасына енгізу жүзеге асырылды.

Топографиялық және тақырыптық карталар растрлық деректерді ала отырып сканерден өткізілді. Қажет кезінде растрлар Easy Trace бағдарламасын пайдалана отырып өңделді (қосылды), бұл бағдарлама кескінді векторлауды орындауға мүмкіндік береді. Сканерленген (растрлық) кескіндерді векторлау – карталарды санға айналдыру. Геометриялық нысандармен (нүктелер, сызықтар, полигондар) жұмыс жасауға мүмкіндік болу үшін ең бірінші картаға қосты, проекциясын анықтады, сосын растрлық кескіндерді векторлады [2]. Қызығушылық тудырған аумақты қашықтан барлау

деректері (ҚЗД) бойынша кейбір тақырыптық карталарды дайындау үшін орта рұқсатты мультиспектралды жерсеріктік түсірулер қолданылды. Түсірулер автоматтық режимде жіктелді, бөлініп алынған контурлар дала жағдайларында расталды.

AutoCAD, MapInfo сияқты бағдарламалық өнімдердің көмегімен орындалған және электронды түрде алынған қабаттар қажетті проекцияны анықтай отырып, ГАЖ-жобаға конверттелді. Есептерде жинақталған деректерді құрылымдалған кестелерге түрлендірді және соның негізінде қабаттар құрылды.

Кеңістіктің және семантикалық деректердің талдауы, әдеттегідей, өзіне ақпаратты өңдеу процесін, соның ішінде әр түрлі сұраулар: кеңістіктік (оның ішінде геостатистикалық), статистикалық талдау арқылы қосады. Біз пайдаланған талдаудың – алаңдық ластану картасын құрудың негізгі түрінің бірі – ластану процестерін карталау және уақыттағы және кеңістіктіктегі оларды болжау [3]. Зерттеулер барысында қойылған міндеттерді шешудің бағдарламалық ретін белгілеуге мүмкіндік беретін бірқатар процестер қарастырылды:

- ластану процестерін көрсету (түрлі-түсті шкала құру үшін 255-деңгейлік үштүсті түрлі-түсті шкала) үшін жіктеу жүйесін әзірлеу;
- қоршаған орта нысандарының сынақтар нүктелерінің әр түрлі түрін салу үшін шартты белгілер әзірлеу;
- карталарды құрудың әдістемесін таңдау.

Карталарды құру Spatial Analyst, Geostatistical Analyst стандартты модульдер көмегімен жүзеге асты. Бұл модульдер карталарды құрудың көптеген тәсілдерін болжайды, әдістер талданды, құрудың тиімді әдісі – крикинг таңдап алынды [4].

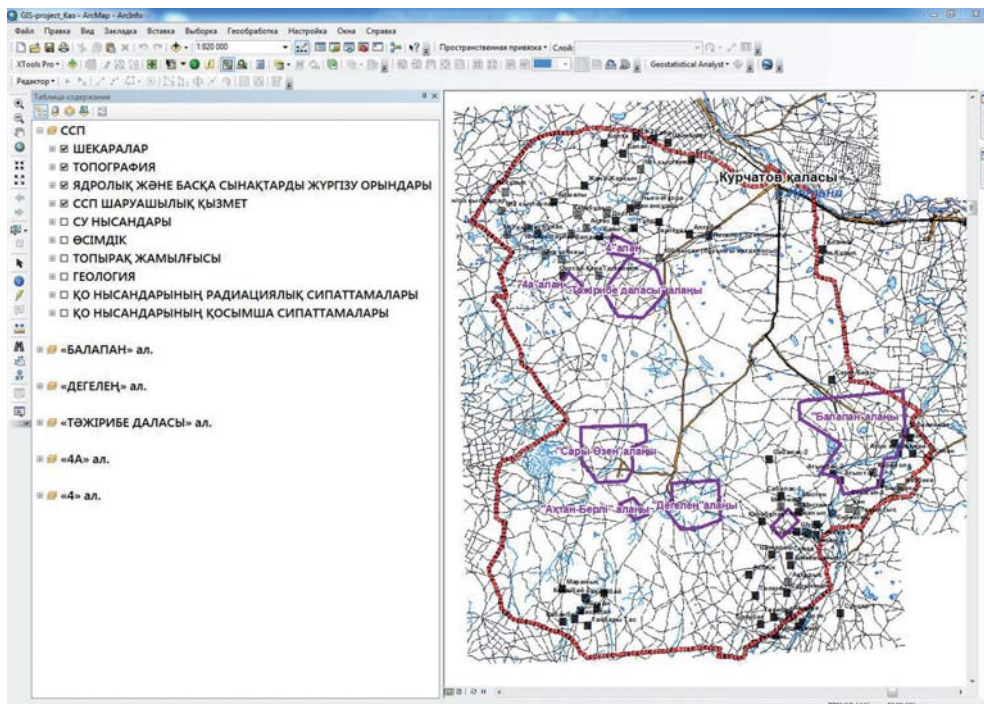
Деректердің статистикалық талдауы Geostatistical Analyst модулінің көмегімен ақпаратты өңдеуді білдіреді, нәтижелері ретінде әр түрлі кестелер мен диаграммалар берілген.

1.2 «ССП» ГАЖ-жобасының құрылымы

Қорытындыланған материалдар нәтижесінде «ССП» ГАЖ-жобасы ондаған тақырыптық блоктардан (қабаттар жинағы) тұруы қажет, бұлар біріге келе полигон туралы толық түсінік береді деп қабылданды:

1. ССП және алаңдарының шекарасы
2. Топография (топографиялық негіз, растрлық кескіндер)
3. Ядролық және басқа сынақтарды жүргізу орындары
4. ССП шаруашылық қызмет
5. Су нысандары
6. Өсімдік
7. Топырақ
8. Геология
9. Қоршаған орта нысандарының радиациялық сипаттамалары
10. Қоршаған орта нысандарының басқа сипаттамалары

Әр блок (жинақ) өзіне тұтынушыларға қолайлы болу үшін және деректер талдауын жүзеге асыру үшін логикалық біріккен қабаттарды қосады. Қабаттар картаны ақпаратпен артық толтырмау үшін қажетінше қосылуы немесе ажыратылуы мүмкін (2-сурет).



2-Сурет. ГАЗ-жобаның негізгі терезесі

Блоктарда полигон аумағында зерттеулер мен мониторинг жүргізу үшін қажетті ақпарат болуға тиіс.

ССП және алаңдардың шекарасы. Бұл іргетастық блок, мұнда аумақтың географиялық орналасуы туралы ақпарат: полигон, сынақ алаңдарының (пайдаланылған және пайдаланылмаған) шекарасы, облыстардың, әкімшілік аудандардың шекаралары (сондай-ақ іргелес) және т.с. болуға тиіс.

Топография. Мұнда өзіне жергілікті жердің бедерін, гидрогеографиясын, жол желілерін, сондай-ақ ғарыштық түсірулер, әр түрлі сұлбалар түріндегі растрлық кескіндерді қосатын 1:500 000-нан 1:100 000 дейін ауқымдардың топографиялық негізі берілуге тиіс.

Ядролық және басқа сынақтарды жүргізу орындары. Бұл тарихи блок, өзіне жүргізілген бұрынғы ядролық және басқа да сынақтардың орындары (штольнялар, ұңғымалар) мен олардың радиоактивті түсулер іздері түріндегі зардаптарын қосуға тиіс.

ССП шаруашылық қызмет. Аталған блокта полигон аумағындағы шаруашылық жүргізу орындарына: елді-мекендеріне (ауылдар, ССП аумағындағы, сол сияқты одан тыс қыстақтар), жобаланған және әзірленген кен орындарына, реакторлық кешендерге қатысты ақпарат болуға тиіс.

Су нысандары. Бұл блок өзіне супайдаланудың ықтимал нысандары – құдықтар, бұлақтар және т.с. қосуға тиіс.

Өсімдік. Мұнда әртүрлі ауқымдағы өсімдік жамылғысы мен негізгі экожүйелердің карта-сұлбалары болуға тиіс.

Топырақ. Бұл блок өзіне әр түрлі ауқымдағы топырақ жамылғысын, сондай-ақ нақты материал карталарын қосуға тиіс.

Геология. Аталған блокта аталған аумақтың геологиялық құрылысына қатысты ақпарат: арнайы ақпарат, пайдалы қазбалардың кенорындары енгізілген геологиялық және гидрогеологиялық карталар болуға тиіс.

Қоршаған орта нысандарының радиациялық сипаттамалары. Блок өзіне қоршаған ортаның аймақтық (бұрынғы ССП барлық аумағына), сол сияқты жергілікті деңгейдегі (жеке телімдер, нысандар) барлық нысандарын (топырақ, ауа және т.с.) зерттеу нәтижелерін қосуға тиіс.

Қоршаған орта нысандарының басқа сипаттамалары. Блоктың құрамында нысандардың химиялық құрамы және т.с. сияқты сипаттамаларына қатысты деректер болуға тиіс.

ГАЗ деректерінің құрамы мен құрылымы қоршаған ортаның нақты нысандарымен (топырақ, ауа, өсімдік және т.с.), сондай-ақ процестермен (қоршаған ортаның ластануы, жылыстау процестері) анықталды.

2. ЖҰМЫС НӘТИЖЕЛЕРІ

2.1 Бастапқы деректерді дайындау

«ССП» ГАЗ-жобасын құру шеңберінде үлкен көлемді ақпарат өңделіп, жүйеленіп, растрлық кескіндер түрінде электронды түрге келтірілді:

- соңғы 10 жыл ішіндегі бюджеттік бағдарламалар мен халықаралық жобалар жөніндегі есептер. Координаттық байламы бар барлық ақпарат өңделді: дала зерттеулерінің (мысалы, жаяу гамма-түсірулер) нәтижелері, шаруашылық мониторинг, ұңғымаларды бұрғылау және т.с.;
- 1:500 000, 1:200 000 және 1:100 000 ауқымдағы топографиялық карталар. Карталар: 1:100 000 ауқымдағы 20 бет, 1:200 000 ауқымдағы 8 бет, 1:500 000 ауқымдағы 4 бет сканерленді және номенклатураға сәйкес байланды. 1:100 000 ауқымдағы топографиялық карталарды өзектілендіру үшін мемлекеттік аэрогеодезиялық зерттеулер институтының (ГИСХАГИ, 2003 ж.) орындаған карталары сатып алынды;
- топырақ, геологиялық, гидрогеологиялық карталар сияқты тақырыптық карталарды құру үшін аталған аумаққа карталар беттерін алу үшін мемлекеттік қорларға сұраныс жасалды. Геологиялық карталардың 6 беті, 1:200 000 ауқымдағы гидрогеологиялық карталардың 5 беті масштабта 1:200 000, 1:300 000 ауқымдағы топырақ карталарының 4 беті алынды;
- нақты материал карталарын құру үшін нысандарға, мысалға топырақ кесіндісі нысаны, ұңғыма, қыстақтарға арналған төлқұжаттар түрінде материалдар жинау жүргізілді;
- топырақ және өсімдік карталарын құру үшін 2007 және 2009 жылдарда, ССП аумағының 60 % алынған орта рұқсатты ғарыштық аппарат ALOS мультиспектралды жерсеріктік түсірулер сатып алынды.

2.2 ГАЗ-жобасын толтыру

ССП және алаңдардың шекарасы. Полигон мен техникалық алаңдардың шекаралары шейп-файлдар (*.shp) түрінде алынды және геодеректер базасына экспортталды (ҚР ҰЯО ұсынылған). Облыстар мен аудандардың әкімшілік шекаралары Қазақстанның атласынан санға айналдырылды. Маркілеу бағандарының координаттары жарияланған ақпараттан алынды.

Сондай-ақ бұл блоктың құрамында «Перспективалық карта» қабаттар жинағы бар, жинаққа полигон аумағы да жататын болжанған аудан шекаралары кіреді. Аумақты 2020 жылға дейін жан-жақты зерттеудің контурлары.

Аталған блоктың құрамында барлығы 12 қабат бар.

Топография. Аталған блок өзіне келесі қабаттардың кіші жинағын қосады: биіктік белгілері бар елді-мекеннің бедері (изосызықтар), гидрожелі (өзендер, көлдер және т.с.), жол желісі, ЛЭП.

Қабаттар 1:100 000 ауқымды топографиялық карта беттерінің негізінде құрылған, қажетті атрибутивті ақпарат енгізілген: өзендердің, көлдердің атауы, жол типтері (басты, топырақ) және т.с. 1:500 000 ауқымды бедер шейп-файлдар түрінде алынған және геодеректер базасына экспортталды (ҚР ҰЯО ұсынылған). Сондай-ақ бұл блокта әр түрлі ауқымдағы номенклатуралық беттердің қабаттары бар.

Аталған блокта қазіргі уақытта 14 қабат бар. 2011 жылы 1:100 000 ауқымдағы «Бедер» қабаты аяқталады, оның көмегімен елді-мекеннің 3D-үлгісі құрылатын болады.

Ядролық және басқа сынақтарды жүргізу орындары. Бұл деректер бұрын әр түрлі карталарға енгізілген болатын, алайда, координаттарды алу үшін аса жаңа техникалық база пайда болуымен, қабаттардың деректері өзектендірілді. Барлық нысандар – штольнялар, ұңғымалар - бойынша атрибутивті ақпарат енгізілді (нысан нөмірі, сынақ жүргізу күні) және нысанға келтірілген, қажет кезінде қарастыруға болатын нысандардың төлқұжаттары бекітілді. Сондай-ақ 1:3 000 жуық ауқымды ұлғайту кезінде нысанның өзінде жағдайды көруге болады (ұңғымалар, штольнялар маңайында зерттеу телімдері). «Тәжірибе даласы» алаңындағы техникалық алаңдар мен ШІҚ (шахталық-іске қосу қондырғылары) жеке қабаттарға енгізілген.

Сондай-ақ бұл блокта «Іздер» қабаттар жинағы бар, өйткені олар әр түрлі көздерден санға айналдырылған, олар міндетті түрде көрсетіледі. Әдебиетте берілген кестелік деректер негізінде құрылған. Сынақтар жүргізу орындары мен радиоактивті бұлт қозғалыс бағытының магниттік азимуты есепке алынды. Аталған қабат іздердің өткен орындарында аумақты жан-жақты зерттеу үшін пайдаланылады.

Бұл блокта жалпы алғанда 19 қабат бар.

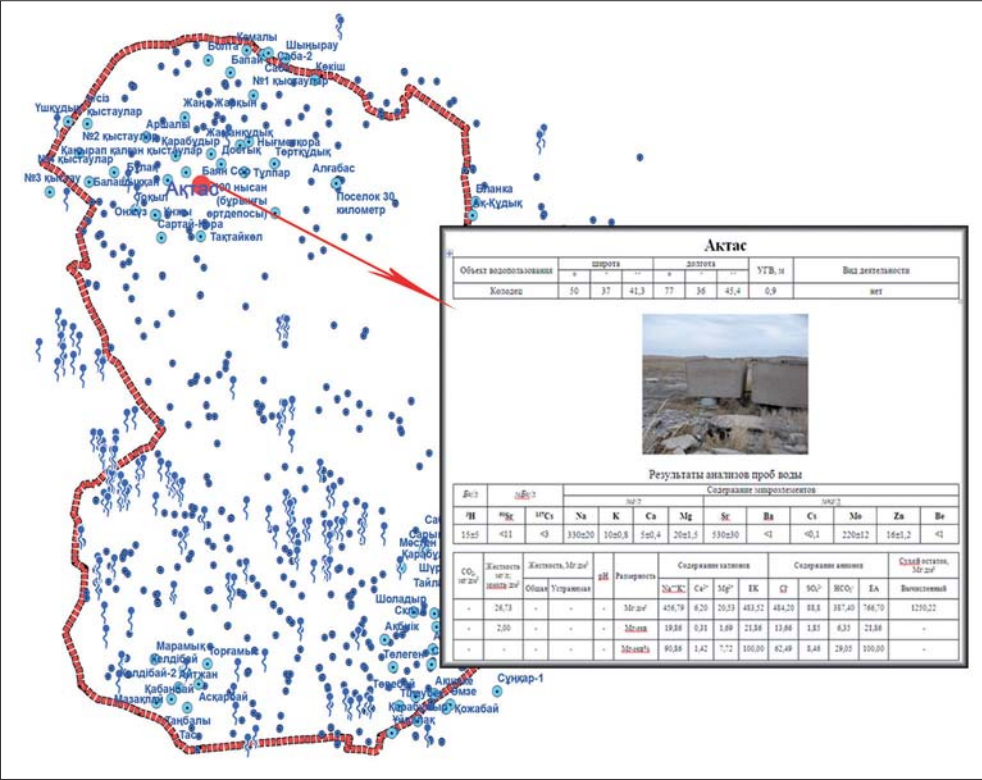
ССП шаруашылық қызмет. Блокқа «елді-мекендер» қабаты қосылған, бұл қабат 1:100 000 ауқымдағы карта беттерінен санға айналдырылған. Шаруашылық мониторингі нәтижелері бойынша (дала зерттеулері) және құрылған қабат негізінде қыстақтар (жаздықтар) енгізілген, келесі атрибутивті ақпарат енгізілген: нысан атауы, координаттар, нысанның жағдайы (бос қалған немес адам тұратын қыстақ), мал саны. Сондай-ақ далалық жол жүрулер деректері бойынша және ресми сұраныстар негізінде келесі ақпарат бар шаруашылық қызмет атқарушы субъектілердің жер бөлінісі енгізілді: иесі, субъект атауы, жұмыс түрі, жер бөлінісінің ауданы. Қазіргі уақытта барлығы поли-

гон аумағында 52 қызмет атқарушы субъект бар, оның ішінде 7 – өңделіп жатқан кен орындары және 45 – ауыл шаруашылығы субъектілері. Аталған қабаттар жыл сайынғы мониторинг нәтижелері бойынша атрибутивті ақпаратпен үнемі толығып отырады. Сондай-ақ бұл блокта өнеркәсіптік нысандар болып табылатын және ерекше шартты белгімен белгіленген «Реакторлық кешендер» қабаты орналасқан.

Ауыл шаруашылық карталандыру және аэрофототүсірулер материалдарының нәтижелері бойынша 2001 жылы ССП барлық аумағының 70 % контурлармен толтырылған ауыл шаруашылық дақылдар картасы құрылды.

Бұл блокта қазіргі уақытта 7 қабат бар.

Су нысандары. Блокқа 1:100 000 ауқымдағы карта беттерінен санға айналдырылған құдықтар мен бұлақтар кірген. Сосын, аталған қабаттар негізінде және дала зерттеулері нәтижесінде нақтыланған координаттары бар қабаттар құрылды. «Құдықтар» қабатына құдықтар төлқұжаттары бекітілген, онда нысанның фотосуреті, аталған құдықтағы судың химиялық және радионуклидтік құрамының нәтижелері бар (3-сурет).



3-Сурет. Супайдалану нысанының төлқұжаты

Барлығы блокта 5 қабат бар.

Өсімдік. Қазіргі уақытта 1:100 000 ауқымдағы ССП аумағының 30% геоботаникалық контурлар картасы құрылған. Жерді қашықтықтан барлау (ЖҚЗ) деректерінің негізінде қабат құру үшін орта рұқсатты мультиспектралды түсірулер пайдаланылды. Контурлардың жіктелуі ҚР ҰЯО қызметкерлерімен жүргізілді. Сосын далалық тексеру үшін нүктелер таңдап алынды, контурларды суреттеу мен топографиялық негізбен салыстырудан кейін тиісті атрибутивті ақпараттың толтыруы бар геоботаникалық контурлар картасы құрылды. Оның негізінде негізгі экожүйелер картасы құрылды. Барлығы блокта 2 қабат бар.

Топырақ. Блок 2 тәсілмен құрылды: 1:300 000 ауқымдағы карталар беттерін санаға айналдыру, ЖҚЗ және далалық тексеру негізінде (ауқым 1:100 000). «Топырақ қималары» қабаты өзіне көп жылғы кезең ішінде жинақталған барлық нақты материалды қосады, әр қимаға оның толық суреттемесі бар төлқұжат бекітілген.

Барлығы блокта 3 қабат бар.

Геология. Блокқа «Геология» және «Гидрогеология» қабаттары кірген. Құрылған қабаттар: су ағындарының бағыттары, су жинау бассейндерінің контуры, пайдалы қазбалар, сондай-ақ гидрогеологиялық, құрылымдық ұңғымалар.

«Гидрогеология» және «Пайдалы қазбалар» қабаттар жинақтарын 2011 жылы өзектілендіру жоспарлануда. Сондай-ақ 1:200 000 ауқымдағы геоморфологиялық карта құрылады.

Барлығы қазіргі уақытта блокқа 11 қабат кіреді.

Қоршаған орта нысандарының радиациялық сипаттамалары. Бұл блок динамикалық болып табылады, өйткені нүктелік, сол сияқты үлкен алаңдары бар жаңа зерттеу нысандары үнемі пайда болады. Блоктың өз құрылымы бар, ақпарат жылдар мен қоршаған орта нысандары бойынша бөлінген (топырақ, су, ауа, өсімдік). Қоршаған орта нысандары сынамаларының іріктеп алу нүктелерінің координаттары далалық және зертханалық зерттеулер нәтижелерімен ГАЖ-жобасы бар «Радиоэкология» деректер базасының байланысы арқылы картада нүктелер ретінде бейнеленеді.

Сосын аумақ топырағының ^{137}Cs , ^{241}Am және т.б. сияқты әр түрлі табиғи және техногенді сипатты радионуклидтермен алаңдық ластану картасы құрылады. Немесе, егер сынамаларды іріктеп алу нүктелері аталған нүктелерде алаңдық таралуын құру үшін жеткіліксіз болса, олар түстік граацияда салынады. Сондай-ақ қоршаған ортаның басқа нысандары бойынша деректер – нүктелік түстік граация түрінде өңделеді.

Аталған блоктың қазіргі кезде барлық аумақта 10 қабаты және оқшау телімдерде 500-ден аса қабаттары бар.

Қоршаған орта нысандарының басқа сипаттамалары. Блокта қазіргі уақытта барлығы 1 қабат – судың химиялық құрамының атрибутивті ақпараты бар «Ұңғыма» қабаты бар.

Сонымен, қазіргі кезде «ССП» ГАЖ-жобасының құрамында өз кезегінде 20 000 аса нысаны бар нысандарды сипаттау үшін қажетті атрибутивті ақпараты бар 80-нен аса қабат бар. Әр түрлі нысандардың атаулары атрибуттар кестесіне үш тілде: орыс, қазақ, ағылшын тілінде енгізілген. Әр қабаттың жасырын атауында қысқаша ақпарат жазылады: құру үшін көз (мысалы, Қазақстан атласы немесе Республикалық бюджеттік бағдарлама 011 бойынша есеп 2008 ж.), құру күні.

Қазіргі уақытта ҚР ҰЯО РКЭИ серверінде ГАЖ-жобасын ашатын ArcReader қосымша-көрсетуші көмегімен ГАЖ-жобасын пайдалану мүмкіндігі ұйымдастырылған.

Тұтынушының өзіне қажетті қабаттарды ажырату және қосу, нысандарға арналған төлқұжаттарды тікелей нысандарға апара отырып ашуға, егер координаттары белгілі болса, нүктенің (нысанның) орналасу орнын анықтауға, әр қабат бойынша атрибутивті ақпаратты қарастыру сияқты мүмкіндіктері болады. Аспаптармен жұмыс кезінде қосымшаның стандартты мүмкіндіктері пайдаланылады, тұтынушылық интерфейстің мүмкіндігін кеңейту нұсқасы қарастырылады.

3. ГАЗ-ЖОБАНЫ ПАЙДАЛАНУДЫҢ МЫСАЛДАРЫ

ГАЗ-жобасының негізгі қызметі – деректерді талдау. Кеңістіктік және статистикалық талдау міндеттерін шешу үшін ГАЗ-де аспаптардың мол жиынтығы бар. Олар буферлік аймақты, қамту аймағын құруға, ара қашықтықты анықтауға, нысандардың геометриялық сипаттамасын (ұзындығы, ауданы) алуға, әр түрлі кеңістіктік және атрибутивтік тандап алуды (SQL-сұраныстардың негізінде) жүргізуге, оверлей операциясын жасауға (қабаттарды салу) және т.б. мүмкіндік береді. Бұл ГАЗ маңызды қызметтері, және ГАЗ-нің өзінің тиімділігі мен пайдалылығы олардың тиімділігіне тікелей байланысты.

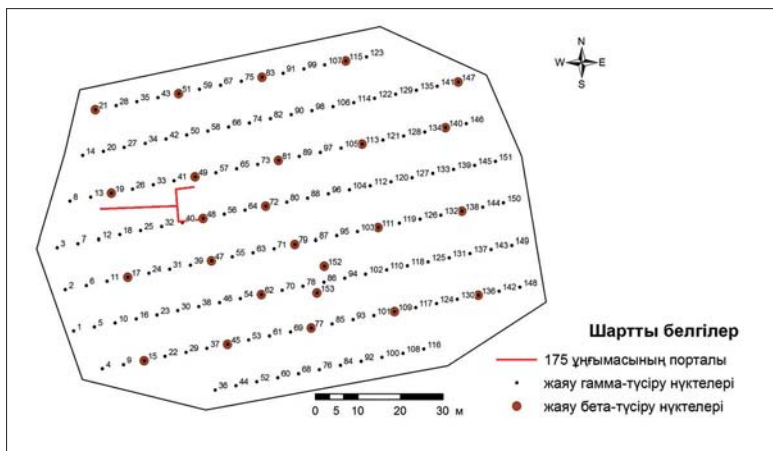
ГАЗ-талдау нәтижесінде аумақтар сапалы тақырыптық карталарды, кестелер мен кестелерді алады, олар түсінуге қол жетімді және зерттеудің қойылған сұрақтарына жауап береді. Сондықтан көзбен шолуға үлкен назар аударылады.

Деректердің талдауы ГАЗ көмегімен зерттеу жүргізу үшін бастапқы деректерді дайындау кезеңінде, сол сияқты дала және зертханалық жұмыстарды жүргізу барысында алынған ақпаратты өңдеудің қорытынды кезеңінде жүзеге асырылады.

3.1 Дала жұмыстарын ұйымдастыру

Дала жұмыстарын ұйымдастыру және жүргізу үшін ГАЗ-жобасының көмегімен зерттеліп жатқан аумақты алдын ала кешенді бағалау қажет: зерттеулерді жүргізу барысында бұрын алынған деректер бойынша жоспарланған аумақтағы радиациялық ахуалды анықтау, техногенді радионуклидтермен ластанудың үлкен деңгейі бар оқшаулы телімдерін анықтау, талап етілген аумаққа әр түрлі тақырыптық карталарды (топографиялық, топырақтық және т.б.), ғарыштық түсірулерді ұсыну. Ақпарат барлық табиғи сипаттамалармен (ауа райы, топырақ, өсімдік және т.с.) қоса талданады. Бастапқы деректерге талдау жүргізе отырып, сынамаларды іріктеп алу желісінің және радиологиялық зерттеу жүргізудің қадамдарын анықтайды.

Мысалы, штольнялардың порталалды телімдеріне радиологиялық зерттеу жүргізу үшін 5x10 м торша жасалады, оның байламдарында радиометриялық өлшеулер жүргізіледі (гамма-, бета-түсіру) (4-сурет). Торша байламдарының есептелген координаттары зерттеу жүргізу үшін тапсырылады.



4-Сурет. 175 штольнясының порталалды теліміндегі 5x10 м торша

3.2 Геоestatистикалық және статистикалық талдауды қолдану

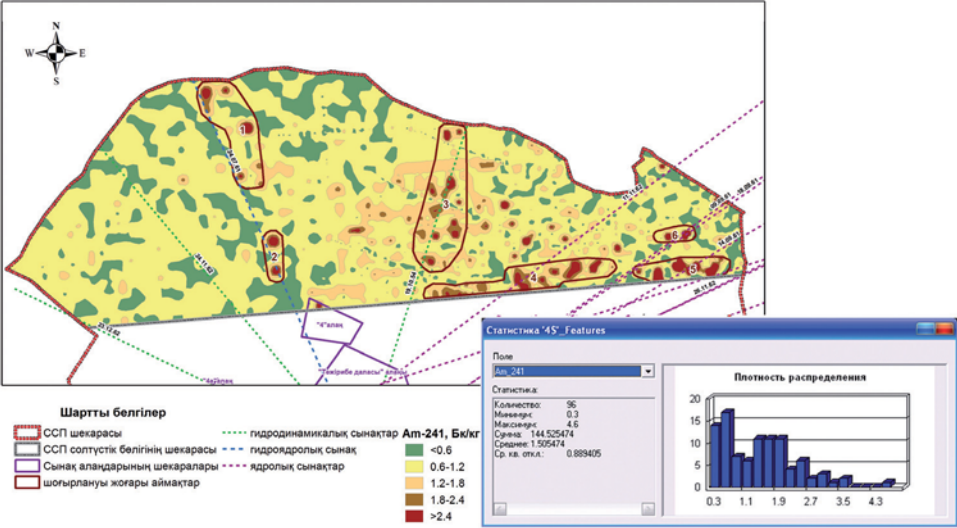
Алынған деректерді ақпаратты геоestatистикалық және статистикалық талдау пайдаланылады. Дискреттік крикингтің геоestatистика әдісінің көмегімен далалық зерттеулер нәтижелері бойынша гамма-, бета-, альфа-бөлшек ағындарының таралу карталары, зертханалық зерттеулер нәтижелері бойынша – табиғи және техногенді сипатты радионуклидтермен алаңдық ластану карталары құрылады. Деректерді өңдеудің статистикалық тәсілдері алынған таралуларға қатысты негізделген қорытындылар жасауға мүмкіндік береді.

Мысалы, ССП аумағының «солтүстік» бөлігінде зертханалық талдау нәтижелері бойынша карта Geostatistical Analyst модульдің көмегімен түстік градациямен ақшыл аз ластанғаннан күңгірттеу түске, зерттелген аумақтағы кез-келген нүкте үшін деректердің интерполяция нәтижесінде изосызықтар түрінде ^{241}Am алаңдық ластануының картасы құрылды [5]. Кеңістіктік талдау мен ^{241}Am тиесілі белсенділігінің кестелерін құру негізінде, ^{241}Am таралуында жоғары шоғырлану бар 6 аймақ анықталды. Статистикалық талдаудың көмегімен әр контур бойынша ^{241}Am орташа шоғырлануы есептеп шығарылды және аса көрінетін – максималды мәні анықталды (5-сурет).

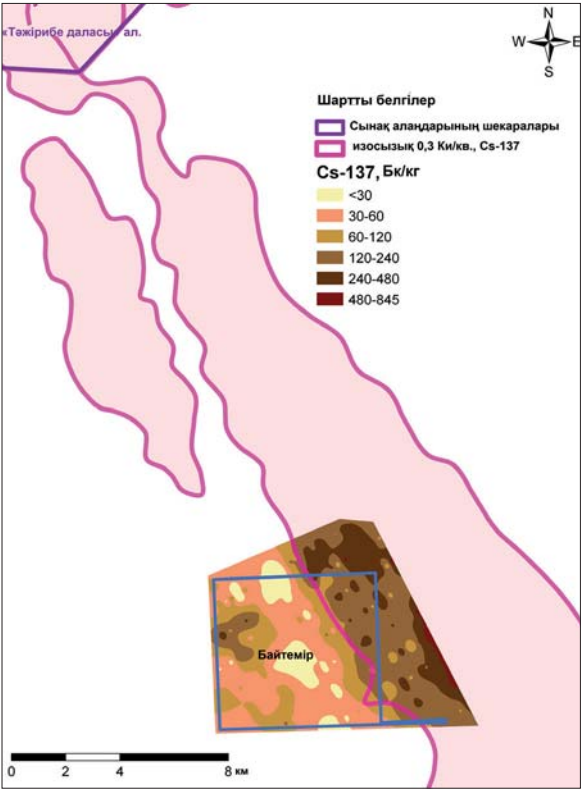
3.3 Аумақтың ластануының сипаты мен механизмдерін анықтау

Ғылыми зерттеулер жүргізу кезіндегі жұмыстар нәтижелерін талдаудың өзіндік міндеттерінің бірі сол немесе басқа нысан, аумақтың ластану сипаты мен механизмдерін анықтау болып табылады.

Мысалы, «Байтемір» кенорны телімінің аумағында зерттеулер жүргізу кезінде аталған аумақтың ластану сипаты мен механизмдері анықталды. Зертханалық талдау нәтижелері бойынша ^{137}Cs алаңдық ластануының картасы құрылды. Ластану телімі анық көрінеді. Қабаттарды салу – $0,3 \text{ Ки/км}^2$ изосызығы түрінде ^{137}Cs ізі телімдегі ^{137}Cs алаңдық таралуының картасы бар аэрогамматүсіру нәтижелері бойынша анық көрінетіні, ^{137}Cs ластануы аталған телім арқылы өтетін 1953 жылғы радиоактивті түсудің ізіне орайластырылған (6-сурет).



5-Сурет. ²⁴¹Am радионуклиді бойынша деректерді интерпретациялау



6-Сурет. Қабаттарды салу – алаңдық ластану мен радиоактивті түсулер іздерінің картасы

ССП аумағының «солтүстік» бөлігіндегі жоғары шоғырлану бар аймақтарды сондай-ақ гидродролық, гидродинамикалық және ядролық сынақтарды жүргізуден кейінгі радиоактивті түсулер іздерін салу кезінде дәлелдеуге болады.

ҚОРЫТЫНДЫ

Аталған әзірлеме жинақталған ақпараттың үлкен көлемін жүйелендіруге, соның ішінде ССП және жеке сынақ алаңдарының радиациялық ластануы бойынша, сондай-ақ соңғы көрсеткіштердің үлкен көлемін – ғылым мен техниканың әр түрлі салалары бойынша мамандарға ақпараттық және аналитикалық қызмет көрсетуді қамтамасыз етуге мүмкіндік берді.

Бұл жұмыс көптеген жылдар ішінде жалғасты. Қазіргі уақытта «ССП» ГАЖ-жобасының 80-нен аса қабаты бар, олардың өз кезегінде 20 000 аса нысандары бар. Қазіргі уақытта кеңістіктік байланымы бар барлық деректердің өңдеу процесінен өтетінін және «ССП» ГАЖ-жобасына енгізілетінін атап өту қажет.

ГАЖ-жобасының ары қарайғы дамуы радиациялық хал-ахуал жағдайындағы өзгерістердің болжамын, ССП аумағында шаруашылық қызмет айналысатын тұрғындардың ұжымдық және жеке дозаларын бағалау, ССП аумағында жерасты суларының, атмосфералық ауаның радиоактивті ластануын үлгілеу сияқты ГАЖ қолдану аясын кеңейтуге мүмкіндік береді.

Мақала авторлары Радиациялық қауіпсіздік және экология институты Геоақпараттық технологиялар зертханасының қызметкерлері Н.А.Елизарьеваға, Е.А.Еременкоға, О.В.Кузевановаға тақырып бойынша деректерді өңдегені және жүйелегені үшін үлкен алғысын білдіреді.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. Королев Ю. К. Жалпы геоинформатика. Б.1 [Теоретикалық геоинформатика.]. Шығарылым 1 / Ю. К. Королев. – М: ООО СП Дата, 1998. – 118 б.
2. Геоинформатика / А. Д. Иванников, В.П. Кулагин, А.Н. Тихонов ред. [және т.б.] – М: МАКС Пресс, 2001. – 349 б.
3. Журкин И. Г. Геоақпараттық жүйелер / И.Г. Журкин, С.В. Шайтура. – М.: КУДИЦ-ПРЕСС, 2009. – 272 б.
4. Митчелл Э. ГАЖ талдау жөніндегі басшылық [Кеңістіктік үлгілер және өзара байланыстар]. Б.1. / Э. Митчелл. – Copyright: ESRI, 1999. – 171 б.
5. Лайкин В. И. Геоинформатика: оқу құралы / В. И. Лайкин, Г. А. Упоров. – Амурдағы Комсомольск: АмГПГУ, 2010. – 162 б.

РАЗРАБОТКА ГИС-ПРОЕКТА «СИП»

Яковенко Ю.Ю., Лукашенко С.Н., Субботин С.Б.

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

В статье представлены результаты работы по разработке и созданию ГИС-проекта «СИП», а также примеры его использования для организации исследований и анализа данных для оценки состояния территории и экосистем.

Накоплен огромный объем информации, касающийся территории бывшего Семипалатинского испытательного полигона (СИП), в связи с чем возникают проблемы хранения, своевременного доступа и эффективной обработки данных. Для решения этих задач и осуществления комплексных исследований на СИП на основе технологий ГИС разработан и создается ГИС-проект «СИП».

Данная разработка позволила систематизировать большой объем накопленной информации, в том числе по радиационному загрязнению СИП и отдельных испытательных площадок, а также обеспечить постоянное информационное и аналитическое обслуживание большого числа специалистов.

Ключевые слова: ГИС-проект, слой, база данных, исходные данные, анализ данных.

DEVELOPMENT OF GIS-PROJECT "STS"

Yu. Yu. Yakovenko, S.N. Lukashenko, S.B. Subbotin

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

The paper presents the results of the design and creation of GIS-project "STS", as well as examples of its use for the organization of research and data analysis to assess the state of the territory and ecosystems.

There has been collected a wealth of information concerning the territory of the former Semipalatinsk test site (STS), and therefore there are problems of storage, timely access and effective data processing. To solve these problems and implement comprehensive research at STS a GIS-technologies-based a GIS project "STS" is being designed and developed.

The GIS-project "STS" consists of ten clusters that contain the information necessary to conduct research and monitoring at the test site. This development systematizes the wealth of information, including radioactive contamination of STS and certain testing sites, as well as provides continuous information and analytical services for a large number of specialists.

This development allowed systematizing a large amount of stored information, including radioactive contamination of STS and certain test areas as well as providing ongoing informational and analytical services to a large amount of specialists.

Keywords: GIS project, layer, database, source data, data analysis.

АЛФАВИТТІК КӨРСЕТКІШ

А

Айдарханов А.О. 235, 244, 319, 327
Амиров А.А. 297, 316

Б

Байғазинов Ж.А. 143, 159
Бахтин Л.В. 161, 232
Битенова М.М. 245, 249
Божко В.В. 355, 364

Г

Горбунова Э.М. 161, 232
Горлачев И.Д. 11, 57

Ж

Жадыранова А.А. 329, 341
Жданов С.В. 121, 141

З

Зверева И.О. 343, 353

И

Иванова А.Р. 59, 84, 85, 100

К

Каширский В.В. 161, 232, 329, 341, 343, 353
Квочкина Т.Н. 11, 57
Келлер С.А. 59, 84, 85, 100
Князев Б.Б. 11, 57
Коваль А.П. 143, 159
Кожаханов Т.Е. 84
Коровина О.Ю. 343, 353
Кузеванов К.И. 161, 232
Кундузбаева А.Е. 100, 119

Қ

Қабдырақова А.М. 101, 119
Қожаханов Т.Е. 59
Құндызбаева А.Е. 85, 101

Л

Ларионова Н.В. 59, 84, 85, 100, 121, 141
Лукашенко С.Н. 11, 57, 59, 84, 85, 100, 101, 119, 121, 141, 143, 159, 161, 232, 235, 244, 245, 249, 253, 275, 277, 294, 297, 316, 319, 327, 329, 341, 343, 353, 371, 383
Ляхова О.Н. 121, 141, 235, 244

М

Магашева Р.Ю. 101, 119
Мильтц О.С. 319, 327
Мульгин С.И. 121, 141
Мустафина Е.В. 355, 364, 365, 370

О

Осинцев А.Ю. 355, 364, 365, 370

П

Паницкий А.В. 143, 159, 245, 249
Пестов Е.Ю. 161, 232

Р

Романенко В.В. 161, 232, 253, 275, 277, 294
Рсымбетова Р.С. 319, 327

С

Семенин М.С. 365, 370
Силачев И.Ю. 319, 327
Субботин С.Б. 121, 141, 161, 232, 253, 275, 277, 294, 371, 383

Т

Тимонова Л.В. 319, 327
Турченко Д.В. 235, 244

Ч

Чернова Л.В. 253, 275, 277, 294

Ш

Шатров А.Н. 329, 341

Я

Яковенко Ю.Ю. 371, 383

**ШЫҒАРЫЛЫМНЫҢ НЕГІЗГІ
АВТОРЛАРЫ ТУРАЛЫ**

Лукашенко С.Н. 1986 жылы Ленсовет ат. Ленинградтық институтты «Радиациялық химия» мамандығы бойынша бітіріп, ҚазСРО Ғылым академиясының Ядролық физика институтына жіберілген болатын, ол жерде 2006 жылға дейін жұмыс жасады. 2006 жылы ҚР ҰЯО Бас директорының радиоэкология жөніндегі орынбасары – ҚР ҰЯО Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының директоры болып тағайындалды. Түрлі жылдардағы ғылыми қызығушылық танытқан негізгі салалары: элементтік әдістерді және радионуклидтік талдамаларды әзірлеу; радиоактивті изотоптың радиохимиялық бөлінуін және алу әдістерін әзірлеу; түрлі радиациялық-қауіпті нысандардың жай-күйін зерттеу, сонымен қатар Семей және Азғыр – сынақ полигондары, бейбіт ядролық сынақтар өткізілген жерлер (ЛИРА, Батолит, Регион және тағы басқалары), атом реактор қондырғылары (ЖН-350 реакторлық қондырғылары, Ақтау қ., ВВР-К зерттеу реакторы, Алматы қ.), уранөндіруші нысандар мен уранөңдеуші өнеркәсіптер (Қошқар-Ата артқы бөліктерін сақтайтын қойма, ҮМЗ және басқаларының қалдықтар сақтайтын қоймасы), табиғи радиациялық сипаттамалары жоғары аумақтар мен нысандар. Қызмет істеген уақытында бірнеше рет ірі республикалық және халықаралық жобалардың менеджері / ғылыми жетекшісі болып жұмыс атқарды. 2006 жылдан бастап, Атом Энергиясы жөніндегі Халықаралық Агенттіктің Бас Директоры жанындағы Ядролық Қолдану бойынша Кеңестік Топтың мүшесі болып табылады.



Айдарханов А.О. 2001 жылы Шығыс-Қазақстан Мемлекеттік Университетін «Физика» мамандығы бойынша аяқтады. 2001 жылы ҚР ҰЯО Ядролық физика институтында жұмысын бастады, 2008 жылы Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының қоршаған ортаның мониторингтік жүйелерін әзірлеу бөлімінің бастығы болып тағайындалды. Оның ғылыми жағынан қызығушылық танытқан салалары: ядролық жарылыс өткізілген жерлердегі радиоэкологиялық ахуалды зерттеу (Семей сынақ полигоны); ССП –да шаруашылық қызмет жүргізудің радиациялық мониторингін жүргізу («Қаражал» көмір разрезі, «Қаражал» флюоритті кенорны); техногенді радионуклидтердің жылыстауын зерттеу («Дегелең», «Балапан» алаңдары, Шаған өз.) изотопты гидрогеология әдістерін әзірлеу.

Глущенко В.Н. 1988 ж. С.М Киров ат. Қазақ мемлекеттік университетін «Физика» мамандығы бойынша аяқтап, геофизикадағы ядролық-физикалық әдістерді талдамалауды әзірлеу және енгізумен айналысты. 2001 жылдан ҚР ҰЯО ЯФИ-да жұмыс жасайды, қазіргі уақытта Кешенді экологиялық зерттеулер орталығын басқарады. Ғылыми қызығушылық танытқан негізгі салалары түрлі радиациялық-қауіпті нысандардың жай-күйін зерттеу, сонымен қатар Семей және Азғыр – сынақ полигондары, бейбіт ядролық сынақтар өткізілген жерлер – ЛИРА, Маңғышлақ, Меридиан және тағы басқалары, атом реактор қондырғылары ЖН-350 реакторлық қондырғылары, Ақтау қ., ВВР-К зерттеу реакторы, Алматы қ., уранөндіруші нысандар мен уранөңдеуші өнеркәсіптер – Қошқар-Ата артқы бөліктерін сақтайтын қойма, Солтүстік Қазақстанның уранөндіруші нысандар мен уранөңдеуші өнеркәсіптері, радиациялық-қауіпті нысандар мен мұнайөндіруші салалар. 40-тан аса ғылыми еңбектердің бірлескен авторы.



Горлачев И.Д. 1985 жылы Новосібір электротехникалық институтын инженерлік электрофизика мамандығы бойынша аяқтады. 1987 жылдан ҚР ҰЯО ЯФИ-да жұмыс жасайды, қазіргі уақытта – аналитикалық топтың бастығы. Ғылыми қызығушылық танытқан негізгі салалары: зарядталған бөлшектер шоғырының физикасы, зарядталған бөлшектердің үдемелі шоғырында аналитикалық әдістерді қолдану және әзірлеу, геология мен экологияда ядролық-физикалық талдамалау әдістерін қолдану.

Каширский В.В. 1998 жылы Шығыс-Қазақстан Мемлекеттік Университетін «Физика» мамандығы бойынша аяқтап, 2000 жылы сол жерде «Физика» (спектроскопия) мамандығы бойынша магистратураны аяқтады. Жұмысын 1999 жылы ҚР ҰЯО ЯФИ-да төменаялы зерттеулер зертханасында инженер болып бастады. 2008 жылдан бастап РҚЭИ-да спектрометриялық зерттеулер тобының жетекшісі болып жұмыс жасап келеді. Ғылыми қызығушылық танытқан негізгі салалары: түрлі қоршаған орта нысандарында альфа-, бета-, гамма-сәуле шығарушы радионуклидтерді анықтау әдістемесін әзірлеу, ядролық жарылыстар өткізілген жерлердегі радиоэкологиялық ахуалды зерттеу, ядролық жарылыстар өткізілген жерлердегі трансуранды элементтердің изотоптық арақатынасын зерделеу, тұрғындар мен персоналға ішкі және сыртқы сәулеленуден түсетін дозалық жүктемені бағалау. 16-дан аса ғылыми еңбектердің бірлескен авторы.





Коровина О.Ю. 1998 жылы Шәкәрім ат. Семей Мемлекеттік Университетін «Химия және Экология» мамандығы бойынша бітірді. Сол жылы ҚР ҰЯО Ядролық физика институтында инженер-химик лауазымында жұмысын бастады. Жұмыс барысында зертханада радиохимиялық талдамалаудың түрлі әдістерін меңгерді, жаңа әдістер мен қолданыстағы әдістемелерді сәйкестендіруді әзірлеуге қатысты. 2006-2007 жылдар аралығында Ядролық физика институтының Курчатовтық зертханасында химиялық талдамалау тобының жетекшісі қызметінде жұмыс жасады. 2007 жылы Радиациялық қауіпсіздік және экология институтындағы Радиохимиялық зерттеулер зертханасының бастығына тағайындалды, және осы уақытқа дейін осы қызметті атқарады. 2009 ж. Семей Мемлекеттік педагогикалық институтының магистратурасын «Экология» мамандығы бойынша бітірді және «Жаратылыстану ғылымы» магистрының дәрежесін алды. Оның ғылыми жағынан қызығушылық танытқан салалары: сұйық радиоактивті қалдықтардың құрамын зерттеу және оларды қайта өңдеудің тиімді әдістерін әзірлеу, дозалық жүктемені бағалау мақсатында адамның денесіндегі радионуклидтердің құрамын анықтаудың жанама әдістерін әзірлеу, Қазақстан Республикасының кешенді дозиметрия орталығының қызмет етуі үшін аппаратуралық-әдістемелік базаны құру.

Құндызбаева А.Е. 2002 жылы Шәкәрім ат. Семей Мемлекеттік Университетін «Химия» мамандығы бойынша бітірді, 2004 жылы – «ЖМҚ химиясы» мамандығы бойынша магистратураны аяқтады. Радиациялық қауіпсіздік және экология институтында 2004 жылдан бастап істейді. Қазіргі уақытта, Экожүйелерді кешенді зерттеу бөлімінде инженер лауазымында жұмыс жасайды. Қызметіндегі негізгі деген бағыттардың біріне топырақта техногенді радионуклидтердің қозғалысын зерттеу жатады. 10-нан аса ғылыми еңбектердің бірлескен авторы.



Ляхова О.Н. 2000 жылы Шығыс-Қазақстан Мемлекеттік Университетін «Физика» мамандығын «Спектроскопия» біліктілігімен аяқтады. ЖОО аяқтаған соң ҚР ҰЯО АЭИ-ғы Радиациялық зерттеулер және бөліну өнімдерінің жылыстауы зертханасына инженер-физикретінде жұмысқа кірді. 2006 жылдан ҚР ҰЯО РҚЭИ-ғы Қоршаған ортаның мониторингтік жүйелерін әзірлеу бөлімінде істейді. Қазіргі уақытта Механизмдерді тасымалдауды тәжірибелік зерттеу зертханасының бастығы м.а. лауазымында жұмыс жасайды. Оның ғылыми жағынан қызығушылық танытқан салалары: ядролық жарылыс өткізілген жерлердегі атмосфералық ауада тритийдің таралу сипатымен деңгейін зерттеу, түрлі қоршаған ортада «су-атмосфера», «топырақ-атмосфера», «жерасты сулары-атмосфера», «өсімдіктер— атмосфера» тритийдің таралуы. 10-нан аса жарияланымдардың бірлескен авторы.

Магашева Р.Ю. 1961 жылы Алматы қ. Қазақ политехникалық институтын «гидрогеология және инженерлік геология» мамандығы бойынша аяқтады. 1961 жылдан бастап 1997 жылдар аралығында Қазақ КСРО ҒА (Алматы қ.) Топырақтану институтында ең алдымен к.ғ.қ. лауазымында, ал 1978 ж.кандидаттық диссертацияны жемісті қорғаған соң а.ғ.қ. лауазымында жұмыс жасады. Ғылыми қызметі институттың зертханалары мен бөлімдерінде өтті және Қазақстанның топырағының мелиорациясы, Республикадағы сушаруашылығы шараларымен пайда болған мелиоративті болжау жасаумен байланысты болды. 1998–2000 жж. аралығында «Семей полигонының радиоэкологиясы және өсімдігінің қалыптасуы» «Intas-Kz» халықаралық Гранты бойынша жұмыс жасады. 2003 жылдың ақпанынан ҚР Ұлттық ядролық орталығының Радиациялық қауіпсіздік және экология институтында жұмыс жасайды. Оның ғылыми қызметі бұрынғы Семей сынақ полигоны аумағы мен оны қоршаған жерлердің топырақ-өсімдік жамылғысының радиоэкологиясы мәселелерімен байланысты. Ол 40-тан аса ғылыми еңбектер жариялады.



Стрильчук Ю.Г. 1990 жылы армия генералы А.И. Антонов атындағы Ленинград жоғары әскери-топографиялық командалық училищесін командалық тактикалық геодезия мамандығы бойынша аяқтады. Училищені бітірген соң Семей сынақ полигонында 52605Б әскери бөлімінде қызмет атқарды. 1996 жылдан бастап Радиациялық қауіпсіздік және экология институтында жұмыс істейді. Қазіргі уақытта ҚР ҰЯО РҚЭИ оқыту-ақпараттандыру орталығының жетекшісі лауазымында қызмет атқарады. Ғылыми қызметі ССП аумағында және іргелес аймақтардағы, Қазақстан аумағындағы ядролық сынақтар жүргізілген жерлердегі радиациялық жағдайды зерттеуге, ядролық сынақтарды жүргізу нәтижесінде пайда болған радионуклидтердің табиғи ортада таралуын, персонал мен тұрғындарға дозалық жүктемені бағалауға байланысты. Қазіргі кезде «ҚР аумағында радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету» 038 Республикалық бюджеттік бағдарламасы бойынша «Бұрынғы ССП қауіпсіздігін қамтамасыз ету» 1-шарасы бөліміндегі РҚЭИ жұмыстарының басшысы болып табылады. 40-тан аса ғылыми мақалалары бар.

Субботин С.Б. 1975 жылы Ортаазиялық политехникумды: «Пайдалы кен-қабаттарын іздестіру және барлау геологиясы» мамандығы бойынша аяқтаған соң уранды рудникте дозиметрист болып өз қызметін бастады. 1979 ж. бастап, Семей полигонында ядролық жарылыстарға инженерлік-геологиялық ілеспе жасау бойынша жұмыстарды атқарды. 1988ж. Томск политехникалық институтын «Гидрогеология және инженерлік геология» мамандығы бойынша аяқтады. 1995ж. РҚЭИ-да жұмыс жасап келеді. Осы кезеңдер бойында бұрынғы Семей сынақ полигонының аумағында, сонымен қатар Қазақстанның басқа да аудандарында ядролық сынақтар өткізілген жерлерде Институт жүргізіп келе



жатқан радиоэкологиялық зерттеулерге белсенді түрде қатысты. Бұрынғы Семей сынақ полигонындағы жерасты суларының радиоактивті ластануымен байланысты қазіргі радиациялық ахуалдың дамуы мен оны бағалауға қатысты үлкен мәні бар ғылыми-техникалық және республикалық бюджеттік бағдарламалардың жетекшісі және әзірлеушісі болып табылады. РҚЭИ-ның қызметкерлерімен бірлесе отырып өткізілген жұмыс нәтижелері бойынша 20-дан аса мақала жариялады.

Яковенко Ю.Ю. 2002 жылы Өскемен қ. Шығыс-Қазақстан Мемлекеттік Университетін «Қолданбалы математика» мамандығы бойынша аяқтады. Диплом бойынша біліктілігі – қолданбалы математика саласындағы маман. 2004 ж. ШҚМУ магистратурасын бітірді, академиялық дәрежесі Математика магистры, мамандығы «Математикалық үлгілендіру». ҚР ҰЯО РҚЭИ-да 2008 ж. бастап Геоақпараттық технологиялар бөліміндегі геоақпараттық жүйелер тобының жетекшісі болып жұмыс жасайды. Жұмыс бейіні: ГАЖ-технологияларының көмегімен ССП жайлы ақпаратты жүйелендіру және құрылымдау. Радиометриялық зерттеулердің, ССП аумағының беткі ластануының картографиялық материалдарын дайындау. Радиоэкологиялық зерттеулер деректерінің статистикалық және геостатистикалық талдамасы. «ССП» ГАЖ-жобасын құру мен ССП радиоэкологиялық жағдайды зерттеуде институттың аналитикалық деректер базасын жүргізу бойынша жауапты орындаушысы болып табылады.



Индустрия және жаңа технологиялар министрлігі
«Қазақстан Республикасы Ұлттық ядролық орталығы»
Республикалық мемлекеттік кәсіпорны
«Радиациялық қауіпсіздік және экология институты»
Еншілес мемлекеттік кәсіпорны

**ҚАЗАҚСТАН
РАДИОЭКОЛОГИЯСЫНЫҢ
ӨЗЕКТІ МӘСЕЛЕЛЕРІ
3-шығарылым
2-Том**

*Қазақстан Республикасы
Ұлттық ядролық орталығының
2010 ж. еңбектер жинағы*

ҰЯО РМК бас директорының радиоэкология жөніндегі орынбасары ҚР ҰЯО РҚЭИ
директоры С. Н. Лукашенконың жалпы редакциялауымен шығарылған

Техникалық редактор: Г. Трубицкая.
Компьютерлық терім: Е. Горкин, А. Вус

Басуға 04.07.2014 ж. қол қойылды.
Пішін: 70 x 100/16. Басылуы офсетті. Шартты басылу парақтары 32,75.
Таралымы 500 дана. Тапсырыс № 417ц.
«Дом печати» ЖШС басылып шығарылды.
140000, Қазақстан Республикасы, Павлодар қаласы, Ленин көшесі, 143-үй.