

**«Астана медицина университеті» КЕАҚ
Радиобиология және радиациялық қорғау ғылыми-зерттеу институты**

ХПК 623.454.862
ӘОК G01N23/00, G01N1/169, G01T1/00

Хазипова Айсулу Альбертовна

**Радиоактивті қалдықтар қоймасының жанында орналасқан елді
мекендегі радон қауіпсіздігін бағалау**

7M05101 - «Биология»

Жаратылыстану ғылымдарының магистрі
академиялық дәрежесін алуға арналған диссертация

Ғылыми жетекшісі
PhD докторы Е.Т. Кашкинбаев

Рецензент
PhD докторы А.С. Нығыманова

Астана, 2023 ж.

МАЗМҰНЫ

НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР.....	3
АНЫҚТАМАЛАР.....	4
БЕЛГІЛЕУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР.....	6
КЕСТЕЛЕР МЕН СУРЕТТЕР ТІЗІМІ.....	7
КІРІСПЕ.....	9
1 РАДОН ҚАУІПСІЗДІГІ ЖӘНЕ РАДОННЫҢ ХАЛЫҚ ДЕНСАУЛЫҒЫНА ӘСЕРІ (ӘДЕБИЕТТЕРГЕ ШОЛУ).....	13
1.1 Радон және оның ыдырау өнімдері	13
1.2 Үй-жайға радонның түсу көздері	16
1.3 Радонмен ішкі сәулелену кезінде адам денсаулығына әсері.....	18
1.4 Мектептердегі радон мәселесі және радонмен күресудегі әлемдік тәжірибе	21
1.5 Солтүстік Қазақстан уран кен провинциясы.....	24
2 МАТЕРИАЛДАР МЕН ЗЕРТТЕУ ӘДІСТЕРІ.....	28
2.1 Зерттеу аймағы. Ақмола облысының климаттық-географиялық ерекшеліктері	28
2.2 Зерттеу әдістері	29
3 ЖҮРГІЗІЛГЕН ЗЕРТТЕУ НӘТИЖЕЛЕРІ	36
3.1 Ақсу елді мекенінің мектебі аумағындағы кешенді радиациялық мониторинг	36
3.1.1 Оқу орны аумағында және мектеп ғимараты ішінде гамма-сәулеленудің амбиентті эквиваленттік дозасының қуатын бағалау.....	36
3.1.2 Мектеп аумағында алынған топырақ үлгілерінің ластануын бағалау.....	37
3.1.3 Оқу орны кабинеттерінің ауасындағы радон деңгейіне баға беру.....	41
3.2 Білім беру орындарының оқушылары мен қызметкерлерінің эффективті дозасын бағалау	46
3.2.1 Шағын орталық балаларының және жұмыскерлердің, оқушылар мен мұғалімдердің оқу жылында мектепте өткізген уақытын есептеу.....	46
3.2.2 БҰҰ Атомдық радиация әсері жөніндегі ғылыми комитетінің ұсынысы бойынша Ақсу мектебінің оқушылары мен қызметкерлері үшін орташа жылдық тиімді дозаны есептеу.....	47
3.2.3 «Радиациялық гигиена жөніндегі нұсқаулықтарды бекіту туралы» бұйрыққа № 1 қосымша радиациялық гигиена бойынша әдістемелік нұсқауларға сәйкес радон ыдырауының еншілес өнімдеріннен алынатын тиімді дозаны есептеу	49

3.3 Радиация туралы негізгі мәселелер бойынша мектеп оқушылары мен қызметкерлерінің білім деңгейі	52
3.4 Оқушылар мен мұғалімдер үшін дозалық әсерді азайту бойынша ұсыныстар	60
ТҰЖЫРЫМ.....	62
ҚОРЫТЫНДЫ.....	64
ТӘЖІРИБЕЛІК ҰСЫНЫСТАР.....	65
ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ.....	66
ҚОСЫМША А.....	72
ҚОСЫМША Б.....	73

НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР

Осы диссертацияда келесі стандарттарға сілтемелер қолданылған:

1. «Білім туралы» Қазақстан Республикасының 2007 жылғы 27 шілдедегі № 319-III Заңы (22.12.2016 ж. өзгертулер мен толықтырулармен);
2. Білім және ғылым министрінің 2018 жылғы 31 қазандағы № 604 бұйрығымен бекітілген Жоғары оқу орнынан кейінгі білімнің мемлекеттік жалпыға міндетті стандарты;
3. Мемлекетаралық стандарттар: ГОСТ 7.32-2001 (2006 жылғы өзгерістер). Зерттеу есебі. Тіркеу құрылымы мен ережелері;
4. ГОСТ 7.1-2003. Библиографиялық жазба. Библиографиялық сипаттама. Құрастыруға қойылатын жалпы талаптар мен ережелер.
5. ГОСТ 17.4.3.01-2017 ж. Табиғатты қорғау. Топырақтар. Үлгілерді іріктеуге қойылатын жалпы талаптар.
6. ГОСТ 8.207-76. Өлшем бірлігін қамтамасыз етудің мемлекеттік жүйесі. Бірнеше бақылаумен тікелей өлшеулер. Бақылау нәтижелерін өңдеу әдістері. Негізгі ережелер.
7. Қазақстан Республикасы Ұлттық экономика министрінің 2015 жылғы 27 ақпандағы № 155 бұйрығы "Радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз етуге қойылатын санитариялық-эпидемиологиялық талаптар" гигиеналық нормативтер
8. Қазақстан Республикасы Ұлттық экономика министрінің 2015 жылғы 27 наурыздағы № 260 бұйрығы «Радиациялық қауіпті объектілерге қойылатын санитариялық-эпидемиологиялық талаптар» Санитариялық қағидалар.
9. Қазақстан Республикасы Денсаулық сақтау министрінің 2019 жылғы 26 маусымдағы № ҚР ДСМ-97 бұйрығы «Радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз етуге қойылатын санитариялық-эпидемиологиялық талаптар» Санитариялық қағидалар.
10. Санитарлық ережелер мен ережелер SP 2.6.1.2612-10. Радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз етудің негізгі санитарлық ережелері (OSPORB-99/2010).
11. № KZ 07.00.00303-2004 әдістемесі «Прогресс бағдарламалық қамтамасыз етумен сцинтилляциялық гамма, бета-спектрометр көмегімен радионуклидтердің белсенділігін өлшеу әдісі».
12. Радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз етудің гигиеналық нормативтері 2022 жылғы 2 тамыздағы № ҚР ДСМ-71.
13. 2020 жылғы 15 желтоқсандағы № ҚР ДСМ-275/2020 «Радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз етуге қойылатын санитариялық-эпидемиологиялық талаптар» санитарлық ережелері.
14. 2011 жылғы 8 қыркүйектегі № 194 радиациялық гигиена бойынша әдістемелік ұсыныстар.

АНЫҚТАМАЛАР

Осы диссертацияда тиісті анықтамалары бар келесі терминдер қолданылған:

- Радиациялық қауіп** - иондану сәулесінің әсерінен болатын әсерлердің пайда болу қаупі, олардан келтірілген залал немесе зардаптардың мөлшерімен бірге.
- Қалдықтар қоймасы** - пайдалы қазбаларды өңдеудің радиоактивті, улы және басқа да қалдықтарын сақтауға немесе орналастыруға арналған арнайы құрылыстар мен жабдықтар кешені.
- Радон қауіпсіздігі** - адамдарды радонның зиянды әсерінен қорғауға арналған шара болып табылады. Ол үй ішіндегі радон деңгейін бағалауды және бақылауды және радон деңгейін қолайлы қауіпсіздік деңгейіне дейін төмендету стратегияларын әзірлеуді және енгізуді қамтиды.
- Радиоактивті қалдықтар** - құрамындағы радионуклидтер радиациялық қауіпсіздіктің нормативтерінде белгіленген деңгейден асатын кез келген агрегаттық күйде одан әрі пайдалануға арналмаған заттар.
- Радионуклидтер** - табиғи және жасанды радиоактивті элементтердің жалпы атауы.
- Радонның эквивалентті тепе теңдік көлемдік белсенділігі** - радонның қысқа мерзімді еншілес өнімдерінің радиациялық қауіптілігінің сипаттамасы. Еншілес ыдырау өнімдерінің тепе-тең емес қоспасының эквивалентті тепе-теңдік көлемдік белсенділігінің мәндері радонмен тепе-теңдікте болатын еншілес ыдырау өнімдері үшін көрсеткішке ұқсас, олардың толық ыдырауы кезінде бөлінетін альфа-бөлшектердің жиынтық энергиясының шамасы бойынша тең.
- Радон қауіпсіздігін бағалау** - ішкі радон деңгейін анықтау және сол деңгейлермен байланысты денсаулыққа қауіп-қатерді бағалау процесі. Бағалау ауа мен судағы радон концентрациясын өлшеуді, топырақ пен тау жыныстарын талдауды және желдету және оқшаулау сияқты радон концентрациясына әсер ететін факторларды бағалауды қамтуы мүмкін.
- Гамма-сәулелену дозасының амбиентті эквивалентінің қуаты** - бұл берілген жердегі гамма-сәулелену қарқындылығының өлшемі, уақыт бірлігіне доза бірлігінде көрсетілген. Бұл бір амбиентті доза эквивалентінің қуат компоненті және гамма-

сәулеленудің амбиентті доза эквивалентінің жалпы қуатына қосқан үлесін көрсетеді. Гамма-сәулелену дозасының амбиентті эквивалентінің қуаты берілген жердегі гамма-сәулелену қуатына гамма-сәулелену үшін дозаның эквиваленттік коэффициентінің көбейтіндісі ретінде анықталады. Гамма-сәулелену дозасының амбиентті эквивалентінің қуаты белгілі бір жердегі радиациялық жағдайды бағалаудың маңызды көрсеткіші болып табылады және радиациялық қауіпсіздікті бақылау үшін пайдаланылуы мүмкін.

БЕЛГІЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР

Бк/м³	- текше метрге беккерель
Бк/кг	- бір килограммына беккерель
мкЗв /сағ	- сағатына микрозиверт
РАО	- радиоактивті қалдықтар
ШРК	- шекті рұқсат етілген концентрация
ШРД	- шекті рұқсат етілген деңгей
АЭДҚ	- амбиентті эквиваленті дозаның қуаты
СТКХК	- Степногорск тау-кен химия комбинаты
РҚХК	- Радиологиялық қорғаныс бойынша халықаралық комиссия
БҰҰ АРӘҒК	- Біріккен Ұлттар Ұйымының Атомдық радиация әсері жөніндегі ғылыми комитеті
ЭТКБ	- эквивалентті тепе-теңдік көлемдік белсенділік
КБ	- көлемдік белсенділік
РҚС	- радиациялық қауіпсіздік стандарттары

КЕСТЕЛЕР МЕН СУРЕТТЕР ТІЗІМІ

1 сурет	Радонның ыдырауының еншілес өнімдері: тік көрсеткілер альфа ыдырауына, ал көлденеңдері бета ыдырауына сәйкес келеді	14
2 сурет	Радонның үй-жайларға ену жолдары	17
3 сурет	Эндогендік орналасқан Солтүстік Қазақстан уран-кені провинциясының орналасу схемасы	26
4 сурет	СГКҚ қалдық қоймасының схемалық картасы	27
5 сурет	Ақмола облысы картада	28
6 сурет	Ғимараттар көрсетілген Ақсу ауылы мектебінің картасы	29
7 сурет	Жалпы білім беретін мектептің бір кабинетіндегі гамма-сәулелерінің амбиентті эквивалентінің доза қуатын өлшеу	30
8 сурет	Топырақ үлгілерін алу орындары көрсетілген Ақсу ауылы мектебінің картасы	31
9 сурет	Радиоспектрометриялық зерттеулерге үлгілерді дайындау	31
10 сурет	Ақсу ауылындағы мектеп аумағында алынған топырақ үлгілерін «Прогресс-БГ» спектрометриялық кешенінде өлшеу	32
11 сурет	Ақсу ауылындағы орта мектептің ішінде радонның эквивалентті тепе-теңдік көлемдік белсенділігінің мөлшерін өлшеу, Бк/м ³	33
12 сурет	Мектеп ғимаратының гамма түсірілімдерін жүргізу	36
13 сурет	Оқу орнының аумағындағы топырақтың беткі үлгісін алу	37
14 сурет	²²⁶ Ra үлестік белсенділігінің амбиентті эквивалентті доза қуатына тәуелділігін сипаттайтын регрессиялық функция графигі	40
15 сурет	²³² Th үлестік белсенділігінің амбиентті эквивалентті доза қуатына тәуелділігін сипаттайтын регрессиялық функцияның графигі	41
16 сурет	Ақсу ауылындағы мектепте радонның эквивалентті тепе-теңдік көлемдік белсенділігін өлшеу	42
17 сурет	Ақсу ауылының мектебіндегі радонның ЭТКБ-нің максималды және минималды мәндері қабаттар бойынша, күзгі кезең	43
18 сурет	Ақсу ауылының орта мектебінде радон концентрациясының ең жоғары және ең төменгі мәндері, көктемгі кезең	44
19 сурет	Ақсу ауылындағы орта мектепте радон концентрациясының ең жоғары және ең төменгі мәндері, қысқы кезең	45
20 сурет	Ақсу ауылындағы орта мектепте радон концентрациясының ең жоғары және ең төменгі мәндері, көктемгі кезең	46
21 сурет	2022-2023 жылдарға арналған оқу жылының күнтізбесі	47
22 сурет	Ақсу ауылындағы орта мектептің шағын орталығының оқушылары, қызметкерлері және балалары үшін тиімді жылдық жүктеменің мәндері	49
23 сурет	Ақсу ауылындағы орта мектептің оқушылары, мұғалімдері және шағын орталықтың балалары мен қызметкерлері үшін тиімді жылдық жүктеменің орташа мәндері	52
24 сурет	Респонденттердің пайыздық үлесі	53
25 сурет	Сауалнаманың 2 сұрағына берілген жауаптардың пайыздық үлесі	54
26 сурет	3-сұраққа берілген жауаптардың пайыздық үлесі	54

27 сурет	4-сұраққа жауаптардың сандық қатынасы	55
28 сурет	5-сұраққа берілген жауаптардың пайыздық үлесі	55
29 сурет	6-сұраққа берілген жауаптардың пайыздық үлесі	56
30 сурет	Сауалнаманың 7-ші сұрағына берілген жауаптардың пайызы	56
31 сурет	8 сұраққа жауаптардың пайызы	57
32 сурет	Сауалнаманың 9-шы сұрағына берілген жауаптардың пайызы	57
33 сурет	Сауалнаманың 10-шы сұрағына берілген жауаптардың пайызы	58
34 сурет	Сауалнаманың 11 сұрағына берілген жауаптардың пайызы	58
35 сурет	12 сұраққа жауаптардың пайызы	59
Кесте 1	Мектеп аумағындағы, жертөлесіндегі және мектеп ішіндегі гамма-сәулелерінің амбиентті эквивалентті доза қуатын өлшеу нәтижелері	37
Кесте 2	Ақсу ауылындағы мектеп аумағынан алынған топырақ үлгілеріндегі радионуклидтердің үлестік белсенділігі	38
Кесте 3	Ақсу ауылындағы мектептің жертөлесінен алынған құрылыс материалдарының үлгілеріндегі радионуклидтердің үлестік белсенділігі	39
Кесте 4	²²⁶ Ra амбиентті эквивалентті доза мен үлестік белсенділіктің өзара байланысын корреляциялық талдау нәтижелері	39
Кесте 5	²³² Th амбиентті эквивалентті доза қуаты мен үлестік белсенділігінің өзара байланысын корреляциялық талдау нәтижелері	40
Кесте 6	Ақсу ауылындағы мектептегі радон концентрациясының максималды, минималды және орташа мәндері, Бк/м ³	42
Кесте 7	Оқушылар мен мұғалімдерге қабат бойынша жылдық доза жүктемесі, мЗв/жыл	48
Кесте 8	Балалар мен шағын орталық қызметкерлері үшін жылдық доза жүктемесі, мЗв/жыл	48
Кесте 9	Мектеп ғимаратының қабаттары бойынша оқушылар мен мұғалімдерге арналған жылдық доза жүктемесі, мЗв/жыл	51
Кесте 10	Шағын орталықтың балалары мен қызметкерлері үшін жылдық доза жүктемесі, мЗв/жыл	51

КІРІСПЕ

Тақырыптың өзектілігі:

Қазақстанның бірқатар аймақтарында, оның ішінде уран рудалары мен сирек кездесетін металдарының кен орындарындағы жоғары радиациялық фон республикадағы радиациялық жағдайдың қарқындылығын анықтайды. Ел тұрғындары үшін, сарапшылардың бағалауы бойынша, иондаушы сәулеленудің табиғи көздерінің сәулеленудің ұжымдық дозасына қосатын үлесі 80%, оның ішінде радон 50% құрайды [1].

Қазақстан Республикасы уран рудасының қоры бойынша дүние жүзінде көшбасшы болып табылады, оның үлесіне дүниежүзіндегі барланған уран қорының шамамен 25%-ы келеді. Қазіргі уақытта республикада байыту зауытының, гидрометаллургиялық қалдықтар үйіндісінің қалдықтары түрінде 200 миллион тоннадан астам радиоактивті қалдықтар жиналды. Олардың ең ірісі 1956 жылдан бері жұмыс істеп келе жатқан Степногорск тау-кен-химия комбинатының гидрометаллургиялық зауытының қалдықтарды жинау орны [2].

Осы уран өндіруші кәсіпорын жұмысының нәтижесінде республиканың солтүстік өңірінде жалпы активтілігі 168,4 мың кюри құрайтын 61 миллион тоннаға жуық радиоактивті қалдықтар жиналды [3], олар тұрақты радиациялық бақылауды, сондай-ақ аумақты қалпына келтіруді қажет етеді [1, 2].

Қазақстан Республикасының 1993 жылғы радиоактивті қалдықтарды көму тұжырымдамасының міндеті – кәсіпорындардың жанында тұратын қызметкерлер мен халықтың денсаулығын атом өнеркәсібін дамытудың, радиациялық қауіпті кәсіпорындарды пайдаланудың және радиациялық қауіпті радиацияның мүмкін болатын жағымсыз салдарынан қорғау болып табылады [4].

Радонның улы газ екенін ескерсек, оның атмосфераға таралуының адам ағзасына зиянды әсерін зерттеу, бағалау өзекті мәселелердің бірі болып табылады. Сондықтан радон қауіпінің алдын алу үшін радонның қауіпсіздігін қамтамасыз ететін шараларды қадағалап, әзірлеу маңызды.

Зерттеу мақсаты:

Ақсу ауылындағы орта мектеп аумағындағы радиациялық жағдайды бағалау және оқушылар мен мұғалімдердің радон мен оның еншілес ыдырау өнімдерінен түсетін дозалық жүктемесін есептеп, мектептегі радон концентрациясын төмендету жөнінде ұсыныстар әзірлеу.

Зерттеу объектісі мен тақырыбы:

Степногорск тау-кен химия комбинатының радиоактивті қалдықтар қоймасының жанында орналасқан Ақсу ауылындағы орта мектебі мен мектептің оқушылары мен мұғалімдері.

Зерттеу міндеттері:

1. Ақсу ауылындағы жалпы білім беру мектебінің ауадағы және

сыныптарындағы радонның деңгейін бақылау;

2. Мектеп аумағының топырағындағы табиғи радионуклиддердің деңгейін зерттеу;

3. Оқушылар мен мұғалімдердің радоннан алатын дозалық жүктемесін бағалау;

4. Оқытушылар мен оқушылар үшін радон мен оның еншілес ыдырау өнімдерінен алынған дозалық жүктемені төмендету шаралары бойынша практикалық ұсыныстар әзірлеу.

Зерттеу материалдары мен әдістері:

Степногорск тау-кен химия комбинатының радиоактивті қалдықтар қоймасының жанында орналасқан Ақсу ауылындағы орта мектеп аумағынан алынған топырақ үлгілері, өзіндік радиометриялық, дозиметриялық өлшемдер нәтижелері, мектеп қызметкерлері мен оқушылар арасында жүргізілген сауалнама нәтижелері.

Радиометриялық, дозиметриялық, радиоспектрометриялық әдістер, статистикалық талдау. Жұмыс барысында «Рамон-02», «Рамон-02А» радондық мониторлары, ДКС-96 дозиметр-радиометрі, «Прогресс БГ» гамма-спектрометриялық кешені қолданылады.

Зерттеудің жаңалығы:

Алғаш рет радиоактивті қалдықтар қоймасына жақын орналасқан Ақсу елді мекенінде мектеп аумағында радонның эквивалентті тепе-теңдік көлемдік белсенділігіне кешенді радиоэкологиялық зерттеу жүргізілді, оқушылар және мектеп қызметкерлері үшін жылдық дозалық жүктеме есептеліп, мектептегі радон деңгейін төмендету жөнінде тәжірибелік шаралар ұсынылды.

Практикалық маңыздылығы:

Зерттеу нәтижелері оқушылар мен мұғалімдердің дозалық жүктемесін төмендетуге пайдалы ақпарат болып табылады.

Зерттеу нәтижелері жоғарғы оқу орындарында радиациялық қауіпсіздік электив пәндерінің және біліктілікті арттыру курстарының практикалық және дәрістеріне пайдалануға болады.

Радиациялық қолайсыз аймақтар елді мекендері мектептерінде кешенді радиоэкологиялық зерттеу жұмыстарын жүргізуге негіз болады.

Радон қауіптілігі жоғары мектептер мен қоғамдық ғимараттарда радон концентрациясын төмендету шараларын ұйымдастыруға негіз болады.

Зерттеу жүргізілген база:

Магистерлік зерттеу жұмысы, ЖТН АР09261243 "Радиоактивті қалдықтар қоймасының жанында орналасқан Ақсу ауылы мектебінің радон қауіпсіздігін бағалау және білім алушылардың сәулелену қаупін төмендету бойынша шараларын әзірлеу" (тапсырыс беруші Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті Мемлекеттік мекемесі келісім

шарт №140/ЖФ-1-22-24 21.06.2022 ж) атты ғылыми зерттеу жұмысын орындау аясында «Астана медицина университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамының Радиобиология және радиациялық қорғау ғылыми-зерттеу институтының радиохимия және радиоспектрометрия сынақ зертханасында жүргізілді. Аккредиттеу туралы куәлік № KZ.T.01.1431 (Қосымша А).

Зерттеу «Астана медицина университеті» КЕАҚ мен Цукуба университеті (Жапония) арасындағы ғылыми жобаға сәйкес жүргізілді.

Қорғауға шығарылатын негізгі қағидалар:

- Амбиентті эквивалентті дозаның қуатының жоғарғы мәні 0,40 мкЗв/сағ құрады, бұл фондық мәннен 3 есе асатындығы анықталды.

- Оқу орнында радон концентрациясының рұқсат етілген деңгейден 47 есе асатыны анықталды.

- Оқышылар мен мұғалімдердің дозалық 9,03 мЗв/жылға дейін жететіндігі анықталды.

- Оқушылар мен мұғалімдердің радиациялық қауіпсіздік бойынша сауаттылығы орташа деңгейде екендігі анықталды.

- Ақсу ауылындағы мекетептегі радонның концентрациясы бөлмелерді желдету барысында рұқсат етілген деңгейден аспайтындығы анықталды.

Диссертацияның көлемі мен құрылымы:

Ұсынылған магистрлік диссертация титулдық парақтан, мазмұннан, нормативтік сілтемелерден, анықтамадан, белгілеуден және қысқартудан, кестелер мен суреттер тізімінен, кіріспеден, 3 тараудан, тұжырымдамадан, қорытындылардан, практикалық ұсыныстардан, пайдаланылған әдебиеттер тізімінен мен қосымшадан тұрады. Жұмыс 73 беттен тұрады, 35 сурет, 10 кесте және 88 атаудан тұратын әдебиеттер тізімі бар.

Кіріспеде диссертациялық зерттеудің өзектілігі негізделеді, зерттеудің мақсаттары мен негізгі міндеттері тұжырымдалады, ғылыми жаңалығы, зерттеу нәтижелерінің теориялық және практикалық маңыздылығы тұжырымдалады, қорғауға ұсынылған негізгі ережелер ұсынылады.

Бірінші тарауда радонмен сәулелену кезіндегі халықтың денсаулығына қауіп-қатер туралы әдеби шолу келтіріледі, радон газы және оның еншілес ыдырау өнімдері туралы қысқаша ақпарат беріледі, радонның тұрғын үй-жайларға түсуі сипатталады, соңғы бес жылда әртүрлі елдерде жүргізілген мектептердегі радон туралы зерттеулерге қысқаша шолу жасалады, сондай-ақ Солтүстік Қазақстан облысындағы уран өнеркәсібі сипатталады.

Екінші тарауда зерттеу әдістері мен зерттеу үшін әртүрлі әдістерді қолдану, зерттеу объектілері мен объектілерін сипаттау сипатталған.

Үшінші тарауда Ақсу ауылының мектеп аумағындағы кешенді радиациялық мониторингтің талдауы қамтылған. Бұл талдау мыналарды қамтиды: оқу орны аумағының ашық жерінде және мектеп ішінде гамма-сәулеленудің амбиентті эквивалентті дозасының қуатын бағалау; мектеп

аумағында іріктелген топырақтың ластануын бағалау, оқу орны кабинеттерінің ауасындағы радон концентрациясының деңгейін бағалау.

Оқушылар мен оқу орны қызметкерлерінің сәулелену дозаларын бағалауға талдау жасалады, оқу жылындағы оқушылардың, мұғалімдердің, балалардың және шағын орталық қызметкерлерінің мектептегі уақытын есептеу сипатталады.

Радиация туралы негізгі мәселелер бойынша оқу орнының оқушылары мен қызметкерлерінің білім деңгейіне талдау жасалады.

Ақсу елді мекенінің мектебінің оқушылар мен қызметкерлеріне арналған радон мен оның еншілес ыдырау өнімдерінен алынатын дозалық жүктемені азайтуға арналған ұсыныстар белгіленген.

Тұжырымдама диссертациялық зерттеудің барлық нәтижелері бойынша негізгі мәліметтер талқыланып, қорытындыда зерттеу міндеттеріне сәйкес тұжырымдар келтірілген.

Диссертацияның апробациясы:

Осы жұмыстың негізгі нәтижелері баяндалды және талқыланды: Қазақстан Республикасы Тәуелсіздігінің 30 жылдығына орайластырылған Жас ғалымдар мен студенттердің Халықаралық ғылыми-практикалық конференциясында ауызша баяндамамен, осы конференцияның қорытындысы бойынша диплом түрінде 2 орынмен марапатталды; "Медициналық-биологиялық және уран өндіретін аймақтардағы экологиялық проблемалар" халықаралық қатысуымен ІХ республикалық ғылыми-практикалық конференциясында стендтік баяндамамен.

Осы жұмыстың нәтижелері бойынша 1 мақала мен 4 тезис жарияланды.

1. РАДОН ҚАУІПСІЗДІГІ ЖӘНЕ РАДОННЫҢ ХАЛЫҚ ДЕНСАУЛЫҒЫНА ӘСЕРІ (ӘДЕБИЕТТЕРГЕ ШОЛУ)

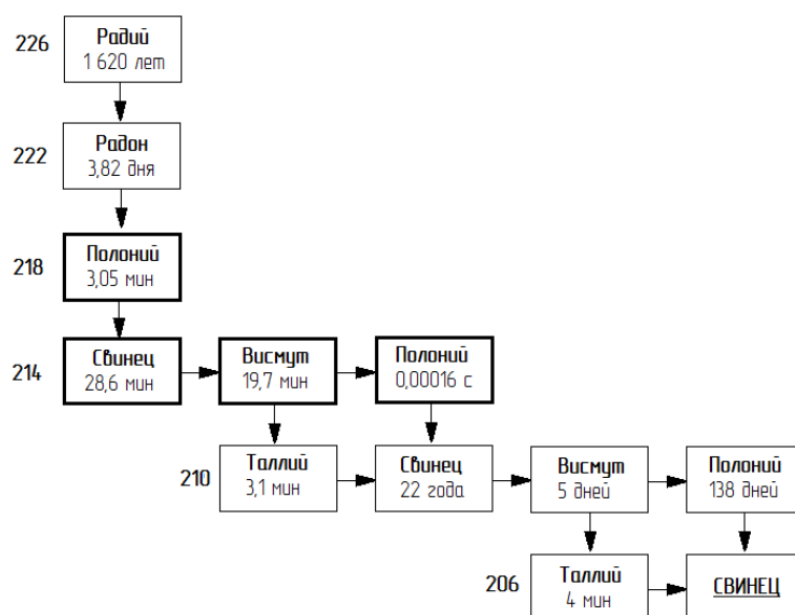
1.1. Радон және оның ыдырау өнімдері

Радиоактивті газ – табиғи радон проблемасы биологияның, экологияның және радиациялық медицинаның әлемнің көптеген өңірлерінің, соның ішінде Қазақстанның тұрғындарына тікелей қатысты маңызды проблемасы болып табылады. Радон-уран және торий отбасыларының табиғи радионуклидтерінің ыдырау процесінде радиоактивті тізбекте түзілетін асыл радиоактивті газ. Біріккен Ұлттар Ұйымының Атом радиациясының әрекеті жөніндегі ғылыми комитетінің бағалауы бойынша радон және оның еншілес ыдырау өнімдері жердегі радиация көздерінен халық алатын жылдық жеке тиімді сәулелену дозасының шамамен 2/3 бөлігін және барлық сәулелену көздерінен алынған дозаның жартысына жуығын анықтайды [5]. Ең маңызды доза факторы-үй-жайлардың ауасындағы радонның адамның тыныс алу мүшелеріне әсері. Бұл ретте тыныс алу жүйесінің жоғары сезімтал жасушаларына альфа-сәулеленудің әсері өкпенің қатерлі ісігінің пайда болу және даму қаупін арттырады. Радиациялық қорғау жөніндегі халықаралық комиссия сарапшыларының бағалауы бойынша радонның әсерінен халықтың сәулеленуі өкпенің қатерлі ісігі ауруларының жалпы санының 20% - на дейін шарттайды [6].

Радон және еншілес ыдырау өнімдері халықтың жердегі радиация көздерінен алатын жылдық тиімді сәулелену дозасын $\frac{3}{4}$ шамасында қамтамасыз етеді.

Радон-иісі, түсі және дәмі жоқ инертті радиоактивті газ. Оның тығыздығы ауаның тығыздығынан 7,5 есе көп, ол суда ериді, бірақ қайнаған кезде толығымен буланып кетеді. Радонның үш изотопы бар: ^{238}U , ^{232}Th және ^{235}U радиоактивті отбасыларында түзілетін ^{222}Rn , ^{220}Rn және ^{219}Rn . Бұл изотоптардың жартылай шығарылу кезеңдері сәйкесінше 3,82 күн, 55 сек және 4сек. Радонның барлық изотоптары альфа эмитенттері болып табылады. Радон изотоптарының ыдырауы еншілес ыдырау өнімдері деп аталатын өнімдерді шығарады, олар радиоактивті және олардың кейінгі түрленуі альфа және бета бөлшектерінің шығарылуымен бірге жүреді. Альфа ыдырауын сезінетін еншілес ыдырау өнімдерінің ядролары қозған күйлерде түзіледі, содан кейін гамма-кванттарды шығару арқылы негізгі күйге өтеді. Бұл гамма-кванттар негізінен бөлмелердің радиациялық фонын құрайды. ^{219}Rn изотопы жартылай шығарылу кезеңінің аздығына байланысты адамның сәулеленуіне шамалы үлес қосады. ^{220}Rn -нан сәулелену ^{222}Rn қарағанда шамамен 20 есе әлсіз. Тепе-теңдік көлемдік белсенділікті есептеу кезінде ^{222}Rn және ^{220}Rn және олардың еншілес ыдырау өнімдерінің үлесі ескеріледі [7].

Тығыздығы 9,73 кг/м³ және жартылай шығарылу кезеңі $T_{1/2} = 3,82$ күн болатын ^{222}Rn негізгі радионуклид ^{238}U отбасында түзіледі және 10 еншілес ыдырау өнімі бар (1 сурет), оның ішінде қысқа өмір сүретін ^{218}Po (RaA), ^{214}Pb (RaB) және ^{214}Bi (RaC) эмитенттері ғана денсаулыққа қауіп төндіреді.



1 сурет – Радонның ыдырауының еншілес өнімдері: тік көрсеткілер альфа ыдырауына, ал көлденеңдері бета ыдырауына сәйкес келеді

^{220}Rn изотопы (торон) – торий тұқымдасының түрленуінің өнімі, қалыпты жағдайда тығыздығы $9,82 \text{ кг/м}^3$ және жартылай шығарылу кезеңі $T_{1/2} = 54,5 \text{ с}$, соның салдарынан білім көзінен айтарлықтай қоныс аударуға уақыт жоқ. Торонмен сәулелену дозасын қысқа өмір сүретін альфа-эммитенттер де қалыптастырады, олардың 90%-дан астамы (6,78 МэВ) альфа-ыдырау процесінде ^{212}Pb (ThB) түзілуінде бөлінеді ^{216}Po (ThA). Торонның барлық еншілес ыдырау өнімдерінің жиынтық үлесі (^{216}Po (ThA), ^{212}Pb (ThB), ^{212}Bi (ThC), ^{212}Po (ThC') және ^{208}Tl (ThC'')) радонның еншілес ыдырау өнімдерінің жылдық сәулелену дозасының 8%-нан аспайды [8].

Тығыздығы $9,77 \text{ кг/м}^3$ және жартылай ыдырау периоды $T_{1/2} = 3,96 \text{ с}$ болатын ^{219}Rn (актинон) изотопы актиниумдар тобындағы трансформациялардың нәтижесі болып табылады. Осындай қысқа уақыт ішінде оның пайда болған жерінен бірнеше миллиметрге ғана қоныс аударуға уақыты бар, сондықтан оның ішкі радон әсеріне қосқан үлесі шамалы [9].

Өкпенің сәулелену дозасы радоннан емес, үй ішіндегі ауадағы бөлшектерге адсорбцияланған оның ыдырау өнімдерінен түзіледі. Олардың едәуір бөлігі өкпенің тыныс алу жолдарында жиналады және аз $T_{1/2}$ болғандықтан шығарылуына үлгермей, өкпе тіндерінде дозаны құрайды. Сәулелену дозасының көп бөлігін өкпенің бронхиальды және бронхиоларлы бөлімдеріндегі жасушалар қабылдайды, альвеоларлы бөлікке доза әлдеқайда төмен [10].

Радон мен аналық ыдырау өнімдері адамның әсеріне айтарлықтай үлес қосады. Радон изотоптары - альфа-белсенді газ тәрізді радионуклидтер. Өкпеге енгеннен кейін олар негізінен деммен шығарылады. Бірақ олардың кейбіреулері қанда ериді және қан ағымымен бүкіл денеге тасымалданады, бұл сәулелену дозасының мүшелер мен тіндерге біркелкі таралуын анықтайды. Радонның

ыдырау өнімдері қысқа мерзімді және реактивті изотоптар болып табылады. Аналық ыдырау өнімдерінің изотоптарының көпшілігі электрондарды қосады, иондарға айналады, нәтижесінде олар ауа аэрозольдарына оңай қосылып, өкпеге еніп, тыныс алу жолдарында жиналып, сәулелендіреді [7].

Радон еншілес ыдырау өнімдерімен тез тепе-теңдікке келеді (толық тепе-теңдік ретінде еншілес изотоптың 10 жартылай ыдырау кезеңі алынады), оның мазмұны эквивалентті тепе-теңдік көлемдік белсенділікпен анықталады - газ тәрізді радонның қысқа мерзімділігімен тепе-теңдіктегі көлемдік белсенділігі бірдей ерекше потенциалдық энергия альфа-сәулеленуі бар еншілес ыдырау өнімдері, сондай-ақ бар тепе-теңдік қоспасы.

Эквивалентті тепе-теңдік көлемдік активтіліктің бірлігі Бк/м³, радиоактивті заттың бір ыдырау актісі 1 секундта 1 м³-те болатын активтілік [11].

Радон - сәулелену энергиясы $E_{\alpha}=5,49$ МэВ болатын α -сәулелендіргіш болып табылады. Өз кезегінде бұл α -сәулелену организмге ең үлкен әсер етеді, сондықтан альфа-сәулелену (α) екі протон мен екі нейтроннан тұратын гелий ядроларының жоғары энергиялық сәулеленуі болып табылады. α -ыдырау кезінде α -бөлшектердің энергетикалық спектрі дискретті, өйткені ядро α -бөлшекке және еншілес ядроға ыдырайды және реакция ядро ішіндегі күшті әрекеттесу процестеріне байланысты. Жасушалар популяциясына α -бөлшектердің ағынымен 4-6 Гр әсер еткенде жасушалардың 99,9%-ы өледі, ал рентген немесе β -сәулеленудің бірдей жұтылған дозасында сәулеленгеннің 20-30%-ы ғана өледі. жасушалар өледі, иондаушы бөлшектің энергиясы биологиялық әсерге пропорционал емес екені анық. Бұл әрекет қысқа қашықтыққа көбірек энергия түсетіндігімен түсіндіріледі және энергияның сызықтық берілуімен сипатталады. Көптеген тәжірибелер α -сәулелерінің салыстырмалы биологиялық тиімділігі рентгендік, γ және β сәулеленуден 20 есе жоғары екенін көрсетті [12].

Әртүрлі радиоактивті трансформациялардан кейін қатар тұрақты изотоптардың түзілуімен аяқталады. Радонның өзі тәуелсіз газ ретінде өте қысқа уақыт өмір сүреді және 20 күнде толық дерлік ыдырайды [13]. Сонымен қатар, бұл радонның жоғары миграциялық қабілеті бар, ол ауада шоғырлануға мүмкіндік береді, кейде бөлмелерде жоғары эквивалентті тепе-теңдік көлемдік белсенділік мәндеріне жетеді.

Атмосфералық ауаға радонның бөлінуі және сәйкесінше оның скват қабатындағы концентрациясы көбінесе жергілікті жағдайларға байланысты (топырақтағы және тау жыныстарындағы орындардағы уранның мөлшері, сондай-ақ аумақтың гидрогеологиялық және метеорологиялық ерекшеліктеріне, т.б.) [14]. Шөгінділер мен кен ошақтарына жақын жерде, тектоникалық бұзылулардың бойында ойпаттардың шеңберінде топырақ ауасында радонның аномальды концентрациясы (> 50 кБк/м³) байқалады. Сонымен қатар тектоникалық бұзылыстар радонның, метанның, сутегінің бөлінуінің көздері болуы мүмкін. Топырақтың кеуектерінде радон көп, топырақ деңгейінен 0,5–1 м төмен деңгейде байқалатын көлемдік белсенділік $2000-10^6$ Бк/м³ дейін жетеді. Уран-238 барлық жерде кездеседі, ал радон оның ыдырау өнімі болғандықтан, оны барлық жерде табуға болады [13, 15].

1.2. Үй-жайға радонның түсу көздері

Радон ғимараттарға топырақтан, құрылыс материалдарынан, құдық суынан, табиғи газдан және атмосфералық ауадан түседі. Ашық ауадағы радонның эквивалентті тепе-теңдік көлемдік белсенділігінің әлемдік орташа мәні шамамен 10 Бк/м^3 [16], ішкі ауада 200 Бк/м^3 , бірақ кейбір бөлмелерде ол жүздеген мың есе жоғары болуы мүмкін. Зерттеулердің бірінде электр қуаты бойынша үй-жайларға радон түсу көздерінің келесідей таралуы анықталды: ғимарат астындағы топырақ – $41,7 \text{ Бк}\cdot\text{сағ/м}^3$; атмосфералық ауа - $5,0 \text{ Бк}\cdot\text{сағ/м}^3$; табиғи газ - $0,3 \text{ Бк}\cdot\text{сағ/м}^3$; су – $0,1 \text{ Бк}\cdot\text{сағ/м}^3$, құрылыс материалдары $6,4 \text{ Бк}\cdot\text{сағ/м}^3$ қосады [17]. Бұл бөлу ғимараттардың дизайнына, тау жыныстарының түрлеріне және т.б. байланысты өзгеруі мүмкін, бірақ бұл бөлмедегі радон жағдайын модельдеу кезінде радонның топырақтан, құрылыс материалдарынан және сыртқы ауамен қамтамасыз етілуін ескере отырып, шектелу жеткілікті деген қорытынды жасауға мүмкіндік береді.

Ғимарат астындағы топырақ радонның негізгі көзі болып табылады, ал топырақ газы диффузия және/немесе конвекция арқылы ғимараттарға тасымалданады. Топырақтың радиоактивтілігі ^{238}U , ^{232}Th , ^{235}U және ^{40}K туыстарының радионуклидтерінің болуымен байланысты, радиоактивті изотоптардың тағы 30% жауын-шашынмен бірге топыраққа түседі. Нәтижесінде, топырақ радон еншілес ыдырау өнімдері дозаның 90% дейін құрайды және радон тектоникалық аймақтардан жоғары орналасқан үйлердің ауасында ондаған мың Бк/м^3 аномальды радон концентрациясы пайда болады [18]. Радонның топырақтан түсу қарқындылығы геологиялық және метеорологиялық сипаттағы бірқатар факторларға, ғимараттың жұмыс жағдайына, оның іргетасының жобасына және т.б. байланысты [11].

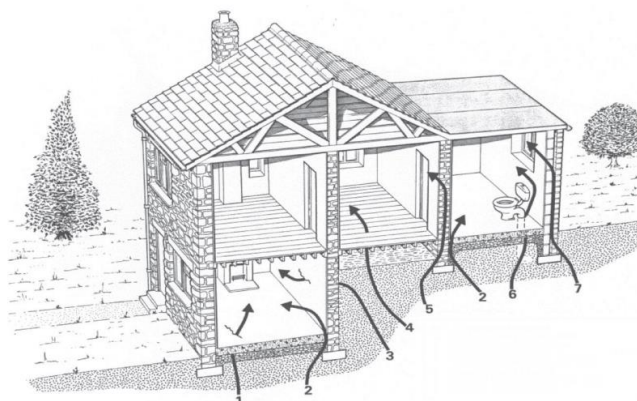
Ғимараттардағы радонмен сәулелену шамасын шектеу талаптары Қазақстан Республикасы Үкіметінің 2017 жылғы 17 ақпандағы № 71 қаулысымен бекітілген Қазақстан Республикасының заңнамасында, атап айтқанда "радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз етуге қойылатын санитариялық-эпидемиологиялық талаптар" санитариялық қағидаларында да көрініс тапты [19].

Радонның пайда болған жерінен тасымалдануы әртүрлі. Радон диффузия арқылы, топырақтың түріне байланысты кеуекті кеңістіктерде немесе жарықтар мен жарықтар арқылы ену арқылы тасымалданады; әдетте радон еріген суда немесе газдың жануы кезінде аз мөлшерде қозғалады [20]. Үй-жайлардағы радонның артық концентрациясы негізінен топырақ іргетастарынан ғимараттарға шамадан тыс түсуіне байланысты қалыптасады. Радонның шамамен түсетін мөлшері: құрылыс материалдарынан (21%), ғимарат астындағы топырақтан (56%), сыртқы ауадан (20%), судан (2%) және газ жанған уақытта (1%). Топырақтың әртүрлі типтері үшін радонның эманация коэффициенті сьерозем және құмды топырақтар үшін 20 Бк/м^3 -тен қызыл топырақ пен қара топырақ үшін 50 Бк/м^3 дейін және таулы тундра топырақтары үшін 90 Бк/м^3 дейін өзгереді. Әдетте, жер үстіндегі зерттелетін деңгей 1-ден 100 Бк/м^3 -ке дейін

өзгереді, ал сыртқы ауадағы радонның әдеттегі деңгейі шамамен 10 Бк/м³, төменгі деңгейлер көбінесе жағалаулар мен шағын аралдарда кездеседі [20, 21].

Үй-жайлардың ауасындағы радонның көлемдік белсенділігінің айтарлықтай өзгергіштігі байқалады, бұл негізінен аумақтың геологиясына және ғимараттың сыртындағы және ішіндегі қысымның айырмашылығына әсер ететін факторларға байланысты, мысалы, ауа алмасу жылдамдығы, ғимараттың жылуы және метеорологиялық жағдайлар, топырақпен жанасатын аймақ және құрылымның тығыздығы маңызды емес. Радонмен қанықтыру үшін мұндай қысымға тәуелділік әдетте радонның диффузиялық тасымалдануынан маңыздырақ, бірдей қысымда радонның диффузиялық тасымалы топыраққа қатысты материалдың жоғары тығыздығына байланысты төмендейді [20].

Радонды тасымалдауды топырақтан ғимараттарға тасымалдауға (2 сурет) және ғимараттың өзінде тасымалдауға бөлуге болады. Радонның ғимараттың өзінде тасымалдануы ғимараттағы ауа ағындарына, метеорологиялық және маусымдық параметрлерге (сыртқы және ішкі ауа арасындағы температура айырмашылықтары ерекше рөл атқарады), еден мен үй-жайлардың көлеміне, ғимараттағы адамдардың мінез-құлқына байланысты [20]. Жабық жерлерде радонның концентрациясы қоңыржай аймақтардағы сыртқы ауаға қарағанда шамамен 8 есе жоғары [13].



2 сурет – Радонның үй-жайларға ену жолдары [20]

1 - іргетастағы жарықтар, 2 - құрылымдық қосылыстар, 3 - жертөле қоршау құрылымдарындағы жарықтар, 4 - едендегі жарықтар, 5 - қабырғалардағы жарықтар, 6 - байланыс арналарындағы саңылаулар, 7 - қабырғалардағы қуыстар.

Кейбір жұмыстарда радонның көлемдік белсенділігі уақыт өте келе тәуліктік, маусымдық және ұзақ мерзімді вариациялардан кейін өзгертінін атап өтті [22] таңертеңгі және қысқы уақыттағы ең жоғары деңгеймен және түстен кейінгі және жаздағы ең төменгі деңгеймен [23]. Бірақ бұл қатаң ереже емес, өйткені қарама-қарсы заңдылық жиі кездеседі [18]. Радонның көлемдік белсенділігінің әсіресе күшті тәуліктік өзгерістері жұмыс негізінен бір ауысымда жүргізілетін жұмыс орындарында байқалады, мұндай жерлерде радонның көлемдік белсенділігінің түнгі деңгейлері адамдардың жұмыс орнында болу

кезеңіне тән деңгейден едәуір асып кетуі мүмкін [24]. Сондай-ақ, радон деңгейі тұрғын үйлерде жоғары, олардың барлық тұрғындары жұмыс күні бойы жоқ. Сыртқы температураның тәуліктік өзгеруі радонның көлемдік белсенділік деңгейіне де әсер етуі мүмкін [18]. Үйге кірген кезде радон жинала бастайды. Радон ауадан әлдеқайда ауыр болғандықтан, ол негізінен төменгі қабаттарда шоғырланған [13].

1.3. Радонмен ішкі сәулелену кезінде адам денсаулығына әсері

Радонның әсері аз мөлшерде иондаушы сәулеленуге жатады. Өз кезегінде, иондаушы сәулеленудің шағын дозаларының денсаулыққа әсері ықтималдық процестеріне жатады, мұндай ықтималдық жеке және көптеген факторларға байланысты (жынысы, жасы, доза мөлшері және т.б.). Радиацияның шағын дозалары қатерлі ісікпен байланысты болғанымен, олардың биологиялық әсерін анықтау үшін эксперименттік және эпидемиологиялық деректердің үлкен массиві қажет, дегенмен қатерлі ісіктің басқа себептері және ұзақ жасырын кезең сәулеленудің шағын дозаларына ұшыраған кезде "доза-әсерге" тәуелділік туралы нақты деректерді анықтауға мүмкіндік бермейді [22]. Төмен және қалыпты табиғи фондық сәулелену деңгейінде төмен дозалы сәулеленудің ықтимал әсеріне нақты жауап әлі жоқ. Қалыпты радиациялық фон 5-25 мкРентген/сағ құрайды [25, 26]. Шағын дозада радиацияның әсері туралы 2 көзқарас бар. Олардың бірі-иондаушы сәулеленудің шекті емес әсер ету гипотезасы, онда кез-келген диапазондағы сәулелену дозасының жоғарылауымен иондаушы бөлшектің әсер ету ықтималдығы артады, оның сезімтал нысанасы дезоксирибонуклеин қышқылы (ДНК) молекуласының орны болып табылады, тұрақты зақымдану (мутация) дамиды, мұнда стохастикалық мақсатты теория қолданылады. Радиацияның ынталандырушы әсерінің екінші гипотезасы иондаушы сәулеленудің шағын дозалары жасушалардың бөліну жиілігін арттыруға, қатерлі ісік қаупін азайтатын кейбір ферменттердің бөлінуін ынталандыратын ДНК зақымдануын қалпына келтіруге ықпал ететінін айтады. Кейбіреулер аз деп санайды сәулелену дозасы түр эволюциясының көзі бола отырып, Тірі организмдер популяциясына ДНК мутациясын "қамтамасыз етеді" [27].

Дененің радиацияға реакциясы өте жеке, әсіресе шағын дозаларда және көптеген факторларға байланысты болғанына қарамастан, бұзушылықтардың механизмі ұқсас. Сәулелену нәтижесінде иондаушы сәулеленудің организмнің жасушалары мен тіндерімен әрекеттесуіне негізделген физика-химиялық процестердің өзгерістері болады [12]. Сәулелену затпен әрекеттескенде энергияны осы заттың атомы жұтады, ал электрон электронды орбитадан шығып, иондану жүреді [27]. Атомдардан бөлініп электрондар басқа атомдарды қоздырады, денеде әртүрлі реакциялар әкелетін бос радикалдар пайда болады. Организмнің қорғаныс механизмдері өзіне зиян келтірместен көптеген жасушаларды қалпына келтіре алады, бірақ үлкен бұзушылықтар органның жұмысының өзгеруіне әкеледі, ол өлімге айналуы мүмкін [25]. Сәулелену кезіндегі энергияның таралуы ықтималдық сипатқа ие [12]. Иондаушы сәулелену

жасушаны өзгерте алады, ал егер жасушалардағы ДНҚ құрылымы қалпына келмесе, онда мұндай өзгерістер жасушалардың келесі ұрпағына берілуі ықтимал, мұндай мутациялар жасушалардың өздерінің және олардың ұрпақтарының өліміне әкеледі немесе неоплазмалар, сайып келгенде, органдар мен тіндердің қатерлі ісігін тудырады [25, 27].

Жасушаның ДНҚ-ның репарациясын бұза отырып модификациясы стохастикалық соматикалық және генетикалық зақымдануға әкеледі. Доза ұлғайған сайын соматикалық, стохастикалық және генетикалық зақымданулар жиі пайда болады және сәулелену дозасының кез келген жоғарылауымен әсер күшейеді, өйткені бір жасушаның өзі теріс әсерге ұшырауы мүмкін [25]. Дегенмен, кейбіреулер стохастикалық әсерлердің нақты көрінісі 0,2-0,5 Зв диапазонында жинақталған дозалар ауқымында деп санайды, ал қазір тіпті 0,01 Зв тәртібіндегі дозалардың қауіптілігі талқылануда [28, 13].

1980 жылдардың аяғында Дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымы (ДДҰ) және халықаралық онкологиялық зерттеулер агенттігі радонды, торонды және олардың еншілес өнімдерін адамның өкпесі үшін дәлелденген канцерогенді қоршаған орта факторлары деп таныды (1-ші жіктеу тобы) халықаралық онкологиялық зерттеулер агенттігі) [29]. Бұл факт халықаралық онкологиялық зерттеулер агенттігінің (2001, 2009) кейінгі басылымдарында да расталды [30].

1990 жылдардың аяғы мен 2000 жылдардың басында 1980 жылдардың аяғында басталған "іс-бақылау" өкпе обыры бар тұрғын үйлердегі адамдардың радонмен сәулеленуінің байланысы туралы бірнеше біріктірілген эпидемиологиялық зерттеулердің нәтижелері [31], сондай – ақ салыстырмалы түрде төмен деңгейдегі кеншілер арасындағы бірнеше біріктірілген эпидемиологиялық зерттеулердің нәтижелері жарияланды радонның еншілес ыдырау өнімдерінің жиынтық экспозициясы ,яғни тыныс алатын ауадағы еншілес ыдырау өнімдерінің көлемдік белсенділігінің уақытша интегралы [32]. Бұл нәтижелерді 2005 жылы арнайы құрылған халықаралық радиациялық қорғаныс комиссиясының жұмыс тобы мұқият талдап, 2009 жылдың қарашасында Комиссия "радон туралы мәлімдемені" [33] мақұлдады, содан кейін 2010 жылы 115 [6,15] басылымы шығарылды, бұл қатерлі ісіктің пайда болуының қосымша абсолютті қаупін растайды радонға байланысты өкпе және оның еншілес ыдырау өнімдері, тұрғын үйлерде сәулелену үшін есептелген, экспозицияның төмен деңгейлерінде кеншілер үшін алынған бағалармен салыстыруға болады. Сонымен қатар, 115-басылымда радонның тепе-теңдік көлемдік белсенділігінің эквиваленті 100 Бк/м³-тен аз болса да сәулеленетін халық үшін тәуекелдің жоғарылауының дәлелі сенімді және даусыз екендігі расталады [34].

Радиациялық қорғау жөніндегі халықаралық комиссия 115-басылымда сондай-ақ қолда бар эпидемиологиялық деректер радонның сәулеленуі мен оның еншілес ыдырау өнімдерінің өкпеден басқа жерлердегі онкологиялық аурулармен байланысы бар екендігі туралы нақты дәлелдердің жоқтығын растайды. Дегенмен, соңғы екі онжылдықта радон сәулеленуінің және оның еншілес ыдырау өнімдерінің ас қорыту жүйесінің [35] (асқазан, бауыр, өт қабы),

көмей [36], зәр шығару жүйесі мүшелерінің (қуық, бүйрек) қатерлі ісіктерімен ықтимал байланысы туралы бірқатар зерттеулер жүргізілді [36, 37], сүт безі [37], меланомамен [36,37], сондай-ақ жүрек-қан тамырлары ауруларымен [35,37]. Басқа ілеспе канцерогендік факторлардың (ауада мышьяк, кремний, дизельдік сорғыштар және т.б. бөлшектердің болуы) әсерін ескергеннен кейін жүргізілген зерттеулердің ешқайсысында радонның сәулеленуі мен оның еншілес ыдырау өнімдерінің өкпеден басқа қандай да бір мүшелердің қатерлі ісіктерімен сәулеленуі арасында статистикалық маңызды байланыс анықталған жоқ. Лейкозға қатысты бірнеше зерттеулер ғана (соның ішінде созылмалы лимфоцитарлық лейкемия) кейбір жыныстық жас топтарында аздап оң байланыс анықталды, дегенмен басылымдар бұл байланысты толық сенімділікпен растау үшін адам зерттеулерінде де, жануарлар эксперименттерінде де көбірек дәлелдер қажет екенін атап өтті [38]. Жалпы бірқатар басқа зерттеулер бұл байланыс анықталған жоқ [39, 37].

Бірнеше басылымдар радонмен және оның еншілес ыдырау өнімдерімен әртүрлі локализациядағы қатерлі ісік ауруымен (өңеш, ми) байланысын экологиялық (географиялық корреляцияланған) зерттеу нәтижелерін ұсынады [40]. Айта кету керек, мұндай типтегі зерттеулерді халықаралық ұйымдар (ICRP, UNSCEAR, WHO) радон сәулеленуімен сырқаттанушылықтың байланысы туралы сенімді деректер көзі ретінде қарастырмайды, өйткені оларда жеке экспозиция деректері жоқ [41]; бұл зерттеулер тәуекел туралы сенімді ақпарат бере алмайды және басқа сипаттағы канцерогендік факторлардың, соның ішінде темекі шегудің, сондай-ақ зерттелетін аймақтардағы халықтың көші-қонының белгісіз әсеріне байланысты қолданылуы шектеулі [6, 15]. Корреляция коэффициенттерін қолданған кезде бұл бірінші типтегі бірнеше қателіктерге, яғни жалған оң нәтижелерге әкеледі.

Басылымдардың едәуір бөлігі радонмен және оның еншілес ыдырау өнімдерімен сәулеленудің балалардағы лейкоздың дамуымен байланысын, әсіресе балалық және жасөспірімдік шақтағы ең көп таралған қатерлі ауру болып табылатын жедел лимфобластикалық лейкозды және жедел миелоидты лейкозды зерттеуге арналған [42]. Бірнеше зерттеулерде оң байланыс (әлсізден маңыздыға дейін) анықталды [42, 43], алайда барлық зерттеулер географиялық корреляция түріне жатады, сондықтан бұл нәтижелерді біржақты сенімді деп тану мүмкін емес.

Радонның ингаляциялық еншілес ыдырау өнімдеріне арналған 50 (1987) басылымындағы ICRP 0-20 жас аралығындағы өкпе қатерлі ісігінің салыстырмалы қауіпінің орташа коэффициентін ересектерге қарағанда 3 есе жоғары деп белгіледі, дегенмен балалар үшін қауіп коэффициентінің белгісіздігі қатерлі ісік ауруының шектеулі санына байланысты өте маңызды өкпе рагы балалар мен жасөспірімдердің радонмен және оның еншілес ыдырау өнімдерімен сәулеленуімен байланысын эпидемиологиялық зерттеу негізінде жасалмаған, ал хибакуся когортасын талдау негізінде – Хиросима мен Нагасакидің атом бомбалауынан аман қалғандар. Топ балалардың өкпесінде радонның еншілес өнімдерінің тұндырылуы өкпенің көлемінің аздығына

байланысты ересектердікінен асып түседі деген қорытындыға келді, бірақ бұл ингаляциялық ауаның аздығымен және тыныс алу жиілігімен өтеледі, нәрестелер мен балалардағы тыныс алу жолдарының эпителий қабатының қалыңдығы ересектердікімен бірдей [44].

АҚШ қоршаған ортаны қорғау агенттігі 2008 жылы ADAF (age-Dependent Potency Adjustment Factor) арнайы коэффициентін енгізген әртүрлі канцерогенді қоршаған орта факторлары арқылы балалардың экспозициясын бағалау бойынша арнайы нұсқаулық шығарды, оның мәні туғаннан 2 жасқа дейінгі балалар үшін 10, 3-2 жастан 16 жасқа дейін, және 16 жылдан кейін 1-ге тең болады. Осыған байланысты 2013 жылы БҰҰ НКДАР 60-шы сессиясы өте маңызды оқиға болды, онда өткен ғасырда қоғам мен мамандарды толғандырған мәселе талқыланды: балалардың ересектерге қарағанда сәулеленуге сезімтал екендігі заңды ма [45]. Шындығында, жағымсыз әсерлердің едәуір бөлігі үшін ересектерге қарағанда сәулелену қаупі жоғары, бірақ бірқатар әсерлер үшін балалар сәулеленуге төзімді болуы мүмкін. Балалардың радио кедергісі ересектермен салыстырғанда жоғары, төмен немесе бірдей болуы мүмкін мысалдар бар. Бұл жерде БҰҰ НКДАР-ның қатерлі ісік ауруларының 10% - ы бойынша (және, атап айтқанда, өкпе ісігі жағдайында) балалар ересектерге қарағанда радиацияға аз сезімтал немесе кем дегенде бірдей сезімталдыққа ие деген тұжырымы өте маңызды [46]. Бұл тұжырым сыртқы және ішкі сәулелену арқылы өкпе тінінің экспозициясын бағалау кезінде ADAF коэффициентін қолданудың ғылыми негіздемесі жоқ екенін анық көрсетеді. Сонымен қатар, радонмен және оның еншілес ыдырау өнімдерімен сәулелену кезінде денсаулыққа қауіп-қатерді бағалаудың әртүрлі заманауи модельдерін таңдау мәселесінде мұндай жас коэффициенттері жоқ модельдерге артықшылық беру қисынды болып көрінеді [34].

1.4. Мектептердегі радон мәселесі және радонмен күресудегі әлемдік тәжірибе

Мектептердегі радонның әсері қоғамдық денсаулыққа ауыр зардаптарға әкелуі мүмкін. Америка Құрама Штаттарында жыл сайынғы 300 000 өкпе ісігінің шамамен 14% радонның әсерінен болатыны анықталды. Балалар мен ересектердің өкпелері арасындағы морфометриялық айырмашылықтарға, сондай-ақ тыныс алу жүйесінің жоғарылауына байланысты радонның бірдей мөлшеріне ұшыраған ересектерге қарағанда балаларда радонның әсерінен өкпе обырының даму қаупі үш есе жоғары болуы мүмкін. ересектермен салыстырғанда балалардағы көрсеткіш. Балалар үй ішінде көбірек уақыт өткізеді және қоршаған ортаның қауіп-қатеріне сезімтал болады. Мектептер сонымен қатар мұғалімдерге, әкімшілерге және көмекші қызметкерлерге арналған жұмыс орындары болып табылады, олар мектеп ғимараттарында балаларға қарағанда көбірек уақыт өткізуі мүмкін [47].

Еуропалық Одақтың барлық елдеріндегі мектептерді қоса алғанда, тұрғын үйлер мен жұмыс орындары үшін 300 Бк/м^3 (~8,1 пКи/л) концентрация шегін белгілейтін директиваны қабылдады [48]. Мысалы, Ирландияда радон деңгейі

200 Бк/м³ (~5,4 пКи/л) асатын кез келген бос емес сынып немесе кеңсе үшін жөндеу жұмыстары қажет [49]. Испаниядағы пилоттық зерттеуде Галисиядағы жұмыс орындарының 46%-ында радон концентрациясы 300 Бк/м³-ден жоғары болды, содан кейін Мадридте 10,6%. Барлық жұмысшылардың 19 пайызы 300 Бк/м³ астам, ал 6,3 пайызы 500 Бк/м³ жоғары радон концентрациясының әсеріне ұшыраған [48]. Ұлыбритания, Ирландия және Италия сияқты елдерде радонның жоғары концентрациясы бар мектептерді іздеуді жеңілдететін және оңтайландыратын және арнайы алдын алу шаралары үшін аймақтарды анықтайтын ішкі өлшемдерге негізделген жалпы ұлттық радон карталары әзірленді. жаңа құрылыс кезінде [29,50]. Италияда 241/2000 Заңнамалық Жарлығы жұмыс орындарында, соның ішінде мектептерде радонның шекті рұқсат етілген концентрациясы ретінде 500 Бк/м³ белгілейді. 2013/59/ Евратом директивасы мүше мемлекеттерге радонмен байланысты денсаулық қауіпін азайту үшін қажетті шаралар кешенін жүзеге асыру үшін Ұлттық радон жоспарын мерзімді түрде дайындау және жаңарту міндетін енгізеді [51]. Дегенмен, кейбір кедергілер ЕО-ның кейбір мүше мемлекеттерінің Директиваны толық орындауына кедергі келтіруі мүмкін бе, соны анықтау керек. Уақыт өте келе бұл Директива АҚШ-тың стандартталған ұлттық ережелері үшін үлгі бола алады, өйткені олар радонды сынауға және оның әсерін азайтуға қолданылады [52].

Ешбір ұлттық заңнама Канаданың мемлекеттік мектептерінде радонды сынауды талап етпейді, бірақ федералды үкімет үйлерде және барлық қоғамдық орындарда, соның ішінде мектептер мен балабақшаларда радонды сынауды ұсынады. Канадалық үйлер мен ғимараттардағы радонның рұқсат етілген деңгейін реттейтін ережелер болмаса да, Канада үкіметі 2007 жылы қабылданған Федералды провинциялық аумақтық радиациядан қорғау комитетімен бірлесіп нұсқаулықтарды әзірледі. Канада үкіметінің радон жөніндегі нұсқаулықтары үй ішінде радонды азайту шараларын қабылдау қажет болған кезде орташа жылдық радон концентрациясына негізделген шекті белгілейді және бұл текше метрге 200 беккерель (Бк/м³) деңгейіндегі мектеп ғимараттары үшін бірдей. Радонның әсерін азайту үшін осы деңгейден жоғары ғимараттарды қалпына келтіру керек. Бұл қалпына келтіру жұмыстарын аяқтау үшін Канаданың ұлттық радонды жақсарту бағдарламасы бойынша сертификатталған кәсіпқойдың әрекетін және ресурстарды (соның ішінде қаржыландыруды) талап етеді [53].

Финляндия, Норвегия және Швейцария мектеп ғимараттарындағы радон деңгейлеріне заңнамалық шектеулерді қолданатын елдердің мысалдары болып табылады, мектептердегі радонды азайту бойынша шаралар қабылдау үшін анықтамалық деңгейлер 200-ден 800 Бк/м³-ге дейін өзгереді [54, 55].

Дүние жүзіндегі ғылыми дәлелдерге сүйене отырып, қолданыстағы ғимараттар мен жаңа ғимараттардағы ішкі радон деңгейін төмендетуге бағытталған стратегиялар әзірленуде. адамдардың денсаулығына қауіп төндіреді. Еуропалық Одақтың негізгі қауіпсіздік стандарттары (EU-BSS 2013/59/EURATOM) жұмыс орындары мен ғимараттардағы радонды қамтитын радиоқорғау ережелері болып табылады. Бұл ережелерді 2018 жылдан бастап

барлық мүше мемлекеттер ұлттық заңнамаға енгізуі керек еді. Ұлттық заңнаманың бірінші талабы ғимараттардың ауасындағы радон концентрациясының ұлттық эталондық деңгейін белгілеу болуы керек. Дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымының (ДДҰ) ALARA ("ақылға қонымды қол жеткізуге болатындай төмен") қағидаттарына негізделген нұсқаулары 100 Бк/м^3 Ұлттық анықтамалық деңгейін ұсынады және бұл мүмкін емес жерде таңдалған деңгей 300 Бк/м^3 аспауы керек. 2013/59/Еуратом Директивасына сәйкес мүше мемлекеттер ұлттық заңнамада қолданыстағы және жаңа тұрғын үй-жайлар, жұмыс орындары мен қоғамдық қол жетімді ғимараттар үшін 300 Бк/м^3 аспайтын ғимараттардың ауасындағы радонның орташа жылдық концентрациясының анықтамалық деңгейлерін белгілеуге міндетті [29, 56].

Мектеп ғимараттары адам қозғалысы көп жұмыс орындары болғандықтан, тәуекелді барабар бағалау үшін ішкі радон деңгейін бақылау маңызды болып табылады. Көптеген елдерде мектептердегі радон деңгейін өлшеуге арналған хаттамалар бар. 1989 және 1990 жылдары АҚШ-тың Қоршаған ортаны қорғау агенттігі (EPA) мектептерде радонды қалай жақсы өлшеуге болатынын әрі қарай зерттеуге арналған жалпыұлттық әрекет болып табылатын Мектеп протоколын әзірлеуді зерттеуді жүргізді [47]. Өлшеу құрылғыларының түрлерін, құрылғылардың орналасуын, өлшеу ұзақтығын және мектептерді қоса алғанда, қоғамдық ғимараттардағы өлшемдерді түсіндіруді анықтау үшін Канаданың Денсаулық сақтау министрлігі қоғамдық ғимараттардағы (жұмыс орындарында, мектептерде, балабақшаларда, ауруханаларда, күтім мекемелерінде, түзеу орталықтарында) радон құрамын өлшеу бойынша нұсқаулық әзірледі [53]. Норвегияда өлшеу мектептер мен балабақшалардағы радонды өлшеу хаттамасына сәйкес жүзеге асырылады [54] 2015 жылы Норвегияның радиациялық қорғаныс басқармасы (NRPA) құрған. Осылайша, мектептердегі жүйелі сауалнамалар ұлттық радон бағдарламасының маңызды құрамдас бөлігі болып саналады және көптеген елдер мұндай сауалнамаларды хаттамалар немесе ұлттық/халықаралық ұсыныстар негізінде жүргізді. Еуропада радонды зерттеу Италия, Словения, Сербия, Греция, Ирландия, Македонияның әртүрлі бөліктеріндегі мектептерде жүргізілді. Тұтастай алғанда, бұл сауалнамалар радонның көптеген еуропа елдерінің мектептерінде нақты проблема болуы мүмкін екендігі туралы нақты дәлелдер келтіреді [56].

Радонның қауіптілік дәрежесіне жауапты факторлар әртүрлі көздерден болуы мүмкін, мысалы: геогендік радон әлеуеті, ғимарат құрылысы, метеорологиялық факторлар, өмір салты мен әдеттер. Ішкі радон концентрациясына геогендік және геогендік емес көздердің үлесі табиғи және антропогендік факторлармен бақыланады. Табиғи (геогендік) факторлар жер астынан радонның түзілуіне және тасымалдануына байланысты [57], ал антропогендік факторлар ғимараттың құрылыс сипаттамаларына, соның ішінде құрылыс материалдары мен пайдалану үлгілеріне байланысты [58]. Геогендік факторлар геологияға, топырақ қасиеттеріне және гидрологиясына байланысты географиялық үрдіс пен кеңістіктік құрылымды көрсетеді [57]. Кеуекті орталар арқылы радонның пайда болуы мен тасымалдануын және оның жер бетіндегі радонның дем шығаруына

әсерін зерттеу радонға қарсы шаралар арқылы алдын алу және ең жақсы құрылыс тәжірибесі үшін маңызды. Тұрғын үй-жайларда радонның жиналуы жер қойнауынан/құрылыс материалдарынан радонның дем шығаруына немесе мәжбүрлі желдетуге ғана байланысты емес. Метеорологиялық факторларды геогендік және антропогендік әсерлерге қатысты қарастыруға болады, өйткені олар жердегі радонның тасымалдануына, бөлмедегі радонның миграциясы мен жинақталуына, сондай-ақ құрылыс стиліне және ғимараттардың орналасу үлгілеріне әсер етуі мүмкін [59]. Жергілікті ауа-райы мен метеорологиялық жағдайлар да қатты әсер етеді, мысалы, топырақтың ылғалдылығы, жауын-шашын, температура, қысым, салыстырмалы ылғалдылық және сыртқы шық нүктесі, бірақ нәтижелер көптеген зерттеулерде ұсынылған. бірізді емес. Үй ішіндегі жоғары температура жердегі қысымды төмендететін жоғары көтерілуді тудырады, бұл радонның ғимаратқа енуіне әкеледі. Ішкі және сыртқы ауа қысымындағы әртүрлі айырмашылықтар ауа алмасудың негізгі факторы ретінде анықталды және осылайша үй ішіндегі радон концентрациясының өзгеруі үшін [57]. Ішкі температура сыртқы температурадан төмен болған кезде ауаның салыстырмалы ылғалдылығы 30%-дан 60%-ға дейін артқанда радон концентрациясы төмендейді. Желдің жылдамдығы мен бағыты радон концентрациясының ең маңызды болжаушылары болып табылды. Жалпы алғанда, геологиялық және метеорологиялық көрсеткіштер үй-жайлардағы радон концентрациясына синергетикалық әсер етуі мүмкін [59].

Дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымының (ДДҰ) мәліметтері бойынша радон темекі шегуден кейінгі өкпе ісігінің негізгі қауіп факторы болып табылады. Үйлер, мектептер, ауруханалар және жұмыс орындары сияқты ұзақ мерзімді тұрғын аудандарда радонның жоғары концентрациясына ұзақ әсер ету қауіпін арттырады [61].

Өкпенің қатерлі ісігі әлемдегі ерлер мен әйелдер арасындағы онкологиялық сырқаттанушылық пен өлім құрылымында жетекші орындардың бірін алады. Дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымының мәліметтері бойынша, өкпе рагы ерлердегі қатерлі ісік өлімінің негізгі себебі болып табылады және әйелдерде сүт безі обырынан кейінгі екінші өлім себебі. Эпидемиологиялық зерттеулерде тұрғын үйлердегі радонның халық арасында өкпе ісігінің даму қаупінің жоғарылауына әсері расталды [60]. Тұрғын үй-жайларда халықтың радонның әсері кейбір жағдайларда иондаушы сәулеленумен кәсіби жұмыс істейтін адамдар үшін доза шегінен жоғары тиімді дозаның жылдық мәндерінен асып кетуі мүмкін. Жарияланымдарға сәйкес, Атом энергиясы жөніндегі халықаралық агенттік (МАГАТЭ) (2012) және Еуропалық комиссия (2013) тұрғындарға үй-жайлардағы радон әсерін бақылауды талап етеді [59].

1.5. Солтүстік Қазақстан уран кен провинциясы

Уран кенін кеңінен пайдалану 1940 жылдары басталды. XX ғасыр. Уақыт өте келе уранға деген қажеттіліктің артуы атом өнеркәсібіндегі жетістіктермен, атап айтқанда, уран рудасының әскери мақсаттағы және атом энергиясы үшін материалдар алу көздерінің біріне айналғанымен байланысты. Бұрынғы КСРО

аумағында атом өнеркәсібінің дамуы уранның өзіндік минералдық-шикізат базасын құруды талап етті. КСРО Геология министрлігі Бірінші Бас геологиялық барлау басқармасының Дала, Волковская, Кольцовская және Краснохолмская экспедицияларының Қазақстан аумағындағы қызметі елдің ресурстық базасын дамытудың негізі болды [61].

Қазақстандағы уран кен орындарын іздеу және барлау тарихында үш негізгі кезең бар.

Бірінші кезең XX ғасырдың 40-50-ші жылдарында басқа пайдалы қазбалардың кен орындарын радиометриялық зерттеумен басталды. Көп ұзамай мезозойға дейінгі геологиялық түзілімдердің таралу алаңдарында және мезозой-кайнозой депрессиялық құрылымдарының аспаптық бөліктерінде жүргізілген жер үсті, содан кейін аэrorадиометриялық іздеулер жүргізілді. Бірінші кезеңде жұмыс негізінен домезозой түзілімдерінде локализацияланған кен орындарын анықтауға бағытталған.

XX ғасырдың 60-жылдарында басталған екінші кезеңде оңтүстік және Оңтүстік-Шығыс Қазақстанда А.А. Ковалевтің басшылығымен Волков экспедициясы ҮЕҰ-мен байланысты Учкудук кен орнының аналогтарын бұрғылау арқылы іздестірді. Олар Сырдария мен Шу-Сарысу депрессиясының, Солтүстік-Батыс Орал, Іле алқабының солтүстік және Оңтүстік бортының аспаптық бөліктерін басып алды.

Іздестіру жұмыстарының үшінші кезеңі (1960 жылдардың соңы мен 1990 жылды қоса алғанда) осындай су басқан кен орындарын өндірудің жаңа прогрессивті әдісін – ұңғымаларды жерасты сілтісіздендіру әдісін (ЖСЖ) пайдалануға енгізумен тікелей байланысты. Бұл жаңа әдісті қолдану тау-кен әдісі үшін қолайсыз эпигенетикалық кен орындарының ерекшеліктерін, оның құрамында судың жоғары болуын және тау жыныстары мен кендердің төмен литификациясын қамтитын уранды және онымен байланысты компоненттерді өндіруге мүмкіндік беретін негізгі артықшылықтарға айналдыруды анықтады. кен массасын және негізгі тау жыныстарын шығармай-ақ жер бетіне шығады және сол арқылы қоршаған ортаға кері әсерін айтарлықтай азайтады [61, 62].

Солтүстік Қазақстан уран-кені провинциясының негізгі құрылымдық элементтері: 1) Көкшетау, Заградов-шат, Дмитриевское көтеру; 2) Жарқайнағаш, Ешкеолмес және Ерментау антиклинориялары; 3) Марьевский, Стерлитамак-Шарық, Қалмақкөл, Шығыс Көкшетау және Селетин иілістері; 4) Теңіз ойпаты (3 сурет).



3 сурет – Эндогендік орналасқан Солтүстік Қазақстан уран-кені провинциясының орналасу схемасы. Диаграммадағы уран кен орындары: 23 - Семізбай; 24 - Нижнейлиское; 25 - Қолджат; 26 - Құбасадыр; 27 - Восток; 28 - Ишимское; 29 - Дергачевское; 30 - Восток, Звездное; 31 - Грачевское; 32 - Шацкое; 33 - Тастыкөл, Заозерное; 34 - Кербай; 35 - қамыс; 36 - Викторовское; **37 - Маңбай, Ақсу**; 38 - Славянское; 39 - Көксорское; 40 – Косачиное [63].

1:4-ке жақын U:Th қатынасында уран мен торийдің жеткілікті жоғары фонымен сипатталады. Провинцияның жалпы қоры Қазақстанның жалпы қорының 17,3% құрайды.

Провинцияның қарқынды өнеркәсіптік дамуы 1950 жылдардың ортасында оның ашылуымен және Қазақстанда жаппай барлау жұмыстарының басталуымен бір мезгілде дерлік басталды.

Провинцияда бірнеше уран кенінің кластерлері бар, олардың бірі – Маңбай, Ақсу, Кербай, Оңтүстік Маңбай және Круглое кен орындарын біріктіретін және Шығыс Көкшетау науасы мен Ешкеөлмес тауының түйіскен жерінде орналасқан Маныбай рудасының кластері. Ең маңызды кен орындары – Маңбай және Ақсу – тектоникалық сыналарда кембрий-ордовик вулканогендік және интрузивті жыныстармен шөгінді түзілімдер арасында орналасқан. Кендер негізінен эйзиттердің альбит-карбонатты фацияларымен байланысты. Олардың ішінде фосфор-цирконий-уран (апатит-аршиновит және хлорит-браннерит-кофинді бірлестіктер), молибден-уран (молибденит-кофинит-настуран бірлестігі), сирек кездесетін уран.

Солтүстік Қазақстан облысының құрамына кіретін кен орындары эндогендік гидротермальды типке жатады. Олар рудалардағы орташа уран мөлшерімен 0,1–0,5% сипатталады. Гидротермалды кен орындарының кен денелері әр түрлі, бірақ әдетте шағын (бірнеше ондаған метрге дейін) қалыңдықта ондаған метрден жүздеген метрге дейін созылу бойымен қадағаланатын әртүрлі өлшемдерге ие. Олар әртүрлі тереңдікте кездеседі - жер бетіне жақын жерден бірнеше жүз метрге дейін. Кен орындарының ауданы бірнеше шаршы километрден аспайды. Бұл кен орындары тек тау-кен (жер асты және ашық) әдістермен игеріледі, бұл қоршаған ортадағы ең ауқымды теріс өзгерістерге әкеледі.

Солтүстік Қазақстан уран кенді провинциясының жалпы белгілері:

1) Солтүстік Қазақстандағы гидротермиялық минералданудың негізгі массасының радиологиялық жасы 350–370 млн.

2) Минералдану көбінесе березиттер мен эйзиттердің метасоматикалық түзілістерімен байланысты.

3) Минералдануының барлық деңгейлерде оқшаулануының даусыз факторларына оның үзіліссіз дислокациялармен байланысы жатады. Солтүстік Қазақстан облысының бірқатар барланған кен орындары ірі деп бағаланады – Маныбай, Косачиное, Грачевское, Заозерное, Викторовское, Қамышовое, Семізбай; басқалары салыстырмалы түрде аз - Балкашинский, Тастыколский, Агашский, Терең, Восток, Көксорский және т.б. Есіл, Балкашин, Маныбай кен орындары игерілді [63].

СГКК орталық өндірістік алаңы уран кендерін кешенді байыту жүзеге асырылатын гидрометаллургиялық зауыттан (ГМЗ), негізгі қалдық қоймасынан, жұмысы біткен карьерден, көбелегі бар жерасты шахталарынан тұрады. ГМЗ СГКК қалдық қоймасының аумағына шамамен 750 га суармалы жер кіреді, ол алып «шұңқырлы көл» болып табылады (4 сурет) [64].



4 сурет – СГКК қалдық қоймасының схемалық картасы (1- булану картасы №1; 2- №1 карта; 3- №3 карта) [64]

Солтүстік Қазақстан үшін өзекті мәселе аумақтың үлкен учаскелерін алып жатқан СГХК кен басқармаларының өнеркәсіптік аймақтарының жанында радиоактивті қалдықтар болып қала береді. Солтүстік Қазақстан аумағында баланстан тыс кендер мен уран өндірісінің қалдықтары түрінде шамамен 18 радиоактивті қалдықтар сақтау орны бар. Барлық бес кен басқармаларының қоймаларында жалпы белсенділігі 168,4 мың Ки болатын шамамен 61 млн. "құйрық" бар. Қалдықтарға бөлінген аумақ 8,36 км² құрайды. СГКХ қоршаған ортаны қорғау мамандарының пікірінше, жер бетіндегі жел эрозиясының алдын алу үшін қалдық қоймаларды үнемі суландыру және суару қажет, өйткені Солтүстік Қазақстанда 20-25 м/сек күші бар жоғары құрғақ желдер болған кезде қоймалардың беті тез құрғап кетеді, нәтижесінде ұзақ өмір сүретін табиғи радионуклидтердің (²²⁶Ra, ²³²Th, ²³⁸U) жиынтығы бар жұқа дисперсті шаң пайда болады және т.б.) қолайлы климаттық жағдайларда үлкен елді мекендерде, су қоймаларында және топырақтарда орналасып, үлкен қашықтыққа ауыса алады [64, 65, 66].

2 Зерттеу материалдары мен әдістері

2.1 Зерттеу аймағы.

Ақмола облысының климаттық-географиялық ерекшеліктері

Ақмола облысы Қазақстан Республикасының орталық бөлігінің солтүстігінде орналасқан, 1939 жылы құрылған (5 сурет). Аумағы – 146,2 мың км² (республика аумағының 5,4%).

Облыстың әкімшілік орталығы – Көкшетау қаласы. Облыс құрамына облыстық маңызы бар екі қала – Көкшетау және Степногорск, облыстық бағыныстағы 8 қала (Ақкөл, Атбасар, Державинск, Ерейментау, Есіл, Макинск, Степняк, Щучье), 17 ауылдық округ, 5 кент және 660 ауыл кіреді [67, 68].



5 сурет – Ақмола облысы картада

Климаты күрт континенттік, өйткені құрлықтың тереңдігі. Қаңтарда орташа айлық температура -18°C , шілдеде 19°C шамасында.

Абсолюттік максималды ауа температурасы $42-44^{\circ}\text{C}$ және абсолюттік минимум – $45-49^{\circ}\text{C}$ болғанда ауа температурасының абсолюттік жылдық амплитудасы $85-90^{\circ}\text{C}$. Орташа тәуліктік амплитудасы шамамен 13°C [69].

Жазықтардағы жауын-шашынның жылдық орташа мөлшері шамамен 350-400 мм, жазғы жауын-шашынның айқын басымдығы. Булану 500 мм-ге жетеді. Қыста жауын-шашын аз (жылдық норманың шамамен 20–30%) және сәйкесінше қар аз (25–30 см) жауады. Бұл маусым күшті қарлы боранмен сипатталады (40 күнге дейін) [67].

Зерттеу нысаны – 1987 жылы салынған Ақсу елді мекеніндегі орта мектеп, құрылыс түрі блокты. Мектепте 4 корпус бар (6 сурет). А және Г ғимараттары әрқайсысы 2 қабатты, ал В және С ғимараттары әрқайсысы 3 қабаттан тұрады.



6 сурет – Ғимараттар көрсетілген Ақсу ауылы мектебінің картасы

Ақсу елді мекені Ақмола облысында жұмыс істеп тұрған Степногорск тау-кен химия комбинатының жанында, сондай-ақ бұрын алтын өндірген учаскелердің аумағында орналасқан [1].

Степногорск қаласындағы Ақсу кеніші Астана қаласынан 200 шақырым жерде, Ақсу станциясынан 2 шақырым жерде және Степногорск өнеркәсіптік аймағына, Заводской, Ақсу, Кварцитка елді мекендеріне және өндірістік нысандарға жақын орналасқан: Степногорск подшипник зауыты, ПО «Прогресс», «Стройфарфор» [70].

Ақсу кенішінің құрылымына: №38-40 шахта, №39-41 шахта, «Капитал» кеніші, Ақсу алтын өндіру фабрикасы, Карьер аймағының карьері, қалдық қоймасы, сондай-ақ қосалқы өндіріс орындары кіреді.

Кәсіпорын үшін ауаны шектен тыс ластаушы көздерден кемінде 1000 м көлемінде санитарлық-қорғау аймағы белгіленеді. Осылайша, 2012 жылғы 17 қаңтардағы №93 бұйрығымен бекітілген «Өндірістік объектілердің санитарлық-қорғау аймағын белгілеуге қойылатын санитариялық-эпидемиологиялық талаптар» санитарлық ережелеріне сәйкес кәсіпорын санитарлық сыныптаманың 1-ші қауіптілік сыныбына жатады [64, 67].

2.2 Зерттеу әдістері

Магистерлік зерттеу жұмыстарын орындау барысында ауылдың білім беру мекемесінің радиациялық жағдайын бағалау мақсатында экспедициялық сапарлар ұйымдастырылды.

Экспедициялық сапарлар барысында төмендегідей жұмыстар орындалды:

- мектеп аумағының және мектеп ғимаратында жаяу жүргінші гамма-түсірілімдері;
- сыныптар мен мектеп үй-жайларындағы радонның баламалы тепе-теңдік көлемдік белсенділігін өлшеу;
- зертханалық радиоспектрометриялық және радиохимиялық талдаулар үшін топырақ үлгісін алу.

- топырақ үлгілеріндегі ^{40}K , ^{226}Ra , ^{137}Cs , ^{232}Th үлестік белсенділігін талдау;
- топырақ үлгілерінің жалпы альфа, бета белсенділігін талдау.

Зертханалық зерттеулер ГОСТ ИСО/МЭК 17025 сатндартына сәйкес аккредиттелген «АМУ» КЕАҚ Радиобиология және радиациялық қорғау институтының радиохимия және радиоспектрометрия сынақ зертханасында жүргізілді.

Қойылған мақсаттарға жету үшін төмендегі әдістер жүргізілді:

1 Дозиметриялық әдіс

ДКС-96 дозиметрі арқылы мектеп аумағындағы гамма-фонды жаяу жүргінші өлшеулері жүргізілді. Зерттеудің әрбір нүктесінде гамма-сәулеленудің қоршаған орта дозасының эквиваленті 10×10 м желі арқылы жерден 1 м деңгейде, мектеп ішінде сыныптарда бес нүктеден 1 м деңгейден өлшеу жүргізілді. еденнен және қабырғадан 5-10 см қашықтықта (7 сурет). Гамма-фонды өлшеу 2021 жылдың күзгі және қысқы кезеңінде, 2022 жылдың көктемгі кезеңінде жүргізілді.



7 сурет – Жалпы білім беретін мектептің бір кабинетіндегі гамма-сәулелерінің амбиентті эквивалентінің доза қуатын өлшеу

Мектеп аумағында және үй-жайларда гамма-сәулелердің амбиентті эквивалентінің доза қуатын өлшеу [71] әдістемесі бойынша жүргізілді.

2 Үлгі алу әдісі

Оқу орнының аумағында конверт әдісімен топырақ үлгілерін алу үшін 0-5 см тереңдікте бес нүктеде (4 бұрыш және орталық бойынша) топырақтың беткі үлгілері алынды (8 сурет).



8 сурет – Топырақ үлгілерін алу орындары көрсетілген Ақсу ауылы мектебінің картасы

Әрбір таңдалған үлгі таза пластик пакетке салынып, үлгі коды, таңдалған орны мен күні көрсетілген жапсырма жапсырылды, содан кейін зертханаға жіберілді (9 сурет). Зертханалық жағдайларда топырақ үлгілері пеште 105°C температурада тұрақты салмаққа дейін кептірілді. Өлшенгеннен кейін ^{238}U және ^{232}Th серияларының кейбір ұрпақтары арасында тұрақты тепе-теңдікті орнату үшін үлгіні Маринелли ыдысына 14 күн жинақтау үшін орналастырды. Маринелли ыдысында жиналғаннан кейін топырақ үлгілері гамма-спектрометрия әдісімен изотоптардың (цезий (^{137}Cs), калий (^{40}K), радий (^{226}Ra) және торий (^{232}Th)) меншікті белсенділігін өлшеуге қойылды [72, 73].



9 сурет – Радиоспектрометриялық зерттеулерге үлгілерді дайындау

3 Радиохимиялық және радиоспектрометриялық әдістері

Радионуклидтердің құрамы бойынша топырақ үлгілеріне зертханалық зерттеулер Радиобиология және радиациядан қорғау институтының (бұдан әрі – Институт) Радиоспектрометрия және радиохимия сынақ зертханасында жүргізілді.

Топырақтың есептелген үлгісінен гамма-сәулеленуді тіркеу, сондай-ақ спектрлерді өңдеу "Прогресс-БГ" спектрометриялық кешенінде әдістемеге сәйкес гамма және бета спектрометриялық трактілермен жүргізілді [74] (10 сурет). Бұл аралас гамма-бета сәулеленуді өлшеуге арналған біріктірілген екі детекторлы спектрометриялық және радиометриялық құрал. Гамма-сәулелену детекторы $\text{Ø}63 \times 63$ мм NaI (ТІ) кристалы бар сцинтилляцияны анықтау қондырғысы болып табылады.

Спектрометрдің жұмыс принципі импульстердің амплитудалық спектрлерін жинақтау мен өңдеуге негізделген. Нақты уақыттағы импульс амплитудасын дербес компьютер оқиды және бағдарламалық құралмен өңдегеннен кейін мониторда көрсетіледі.

1 литрлік Маринелли ыдысындағы OISN-22-4.5 [75] біріктірілген анықтамалық көзін пайдалану арқылы әрбір өлшеуден кейін жүргізілді. Есептелетін үлгінің ең аз әсер ету уақыты 3600 секундты құрады, радионуклидтердің меншікті белсенділігін анықтаудағы қателік 25% құрады. Көлемі 1 л болатын Маринелли ыдысының геометриясындағы үлгідегі ең аз анықталатын белсенділік : ^{137}Cs - 3 Бк/кг, ^{232}Th - 8 Бк/кг, ^{226}Ra - 8 Бк/кг, ^{40}K - 40 Бк/кг.



10 сурет – Ақсу ауылындағы мектеп аумағында алынған топырақ үлгілерін «Прогресс-БГ» спектрометриялық кешенінде өлшеу

4 Радиометриялық әдіс

Радонның эквивалентті тепе-теңдік көлемдік белсенділігін өлшеу "Рамон-02А" радон монитормен жүргізілді (11 сурет). Радонның эквивалентті тепе-теңдік көлемдік белсенділігін өлшеу радон мен торонның еншілес ыдырау өнімдерінің аэрозольдерін аэрозоль сүзгілеріне іріктеу, α -эмитенттердің

белсенділігін өлшеу (RaA, RaC1) және (ThC1), мұндағы RaA – радонның еншілес өнімі ^{218}Po , RaC1 – радонның еншілес өнімі ^{214}Po , ThC1-торонның еншілес өнімі ^{212}Po . Аэрозольдердің дисперсті фазасын түсіру АФА-РСП-20 типті сүзгілермен жүзеге асырылды. Сүзгідегі еншілес өнімдерден альфа бөлшектерінің импульстарын тіркеу 20 см^2 Альфа бөлшектерінің жартылай өткізгіш детекторының көмегімен жүзеге асырылды. Аспап радонның эквивалентті тепе-теңдік көлемдік белсенділігін 4-тен $5 \cdot 10^5$ Бк/м³ дейінгі диапазонда өлшейді. Ол Альфа-спектрометриялық өлшеу әдісін қолданады және сүзгі материалы ретінде кемінде үш мың өлшемге есептелген сіңіргіш таспа орнатылады [76, 77].



11 сурет – Ақсу ауылындағы орта мектептің ішінде радонның эквивалентті тепе-теңдік көлемдік белсенділігінің мөлшерін өлшеу, Бк/м³

Жалпы білім беретін мектепте радонның эквивалентті тепе-теңдік көлемдік белсенділігінің мөлшерін өлшеу 2021 жылдың күз-қысқы кезеңдерінде, 2022 жылдың көктемгі, жазғы, қысқы кезеңдерінде, 2023 жылдың қысқы және көктемгі кезеңдерінде жүргізілді.

5 Тиімді жылдық дозалық жүктемені есептеу әдісі

Радиациялық жағдайды кешенді бағалауда қоршаған ортадағы радионуклидтердің белсенділігі емес, адам ағзасында түзілетін дозалар шешуші рөл атқарады. Шынында да, бірдей белсенділікпен радионуклидтер жалпы денеде де, жеке компоненттерде де мүлдем басқа дозалық жүктемелерді қалыптастыруға қабілетті.

Сенімді нәтижелерді алу және оларды салыстыру үшін доза жүктемесін есептеудің екі әдісі қолданылды:

- 1) БҰҰ Атомдық радиация әсері жөніндегі ғылыми комитеті ұсынған орташа жылдық тиімді дозаны есептеу;
- 2) «Радиациялық гигиена жөніндегі нұсқаулықтарды бекіту туралы» бұйрыққа № 1 қосымша радиациялық қауіпсіздік стандарттары бойынша әдістемелік нұсқауларға сәйкес радон ыдырауының еншілес

өнімдерін қабылдаудан тиімді дозаны есептеу.

БҰҰ Атомдық радиация әсері жөніндегі ғылыми комитеті ұсынған жылдық орташа тиімді дозаны есептеу

Оқушылар мен оқу орнының қызметкерлеріне жылдық орташа тиімді доза (мЗв·жыл⁻¹) келесі формула бойынша есептелді [78]:

$$E = C \times F \times T \times D \quad (1)$$

мұндағы C – үйдегі радонның орташа концентрациясы (Бк/м³), F – радон мен оның ыдырау өнімдері арасындағы тепе-теңдік коэффициенті (UNSCEAR деректері бойынша 0,4 деп есептеледі, 2006 ж.) [79]; T – оқу мекемесінде болу уақыты және D - радонның ыдырау өнімдері үшін ICRP дозасын түрлендіру коэффициенті (9 нЗв (Бк·сағ*м⁻³)⁻¹).

Радонның ыдырауының еншілес өнімдерін қабылдаудан тиімді дозаны Радиациялық гигиена бойынша әдістемеге сәйкес есептеу

Радиациялық гигиена бойынша әдістемеге (№94 бұйрық) радон изотоптарының ыдырау өнімдерінің жылдық қабылдау шегінің $C_{эроа}$ эквивалентті көлемдік активтілігінің тепе-теңдік бірліктеріне тең мәндерін реттейді:

$$C_{эроаRn} = 0,1A_{RaA} + 0,52A_{RaB} + 0,38A_{RaC} \quad (2)$$

радонға және

$$C_{эроаTh} = 0,91A_{ThB} + 0,09A_{ThC} \quad (3)$$

торонға.

20 мЗв тиімді дозаға сәйкес келетін персонал үшін жылдық қабылдау шегі ²²²Ra үшін 3,0·10⁶ Бк немесе ²²⁰Ra үшін 0,68·10⁶ Бк ретінде анықталады. Сондықтан персонал үшін шартты доза коэффициенті ²²²Ra еншілес ыдырау өнімдері үшін 6,6·10⁻⁹ Зв/Бк және ²²⁰Ra аналық ыдырау өнімдері үшін 3,0·10⁻⁸ Зв/Бк құрайды. Ұқсас қорытынды 99 радиациялық қауіпсіздік стандарттарының 4.2 тармағынан және ICRP 65 жарияланымның ұсыныстарынан туындайды.

Популяцияға қатысты ICRP ²²²Ra аналық ыдырау өнімдері үшін 5,1·10⁻⁹ Зв/Бк шартты доза коэффициентінің төменгі мәнін ұсынады.

Осылайша, ²²²Ra еншілес ыдырау өнімдерін қабылдаудан алынған тиімді жылдық доза (мЗв) популяция үшін мына формула бойынша анықталады:

$$E_{ДПРнас} = g_{ДПРнас} \cdot V_n \cdot (C_{ржп} \cdot 0,8 + C_{ратм} \cdot 0,2) \quad (4)$$

және персонал үшін формула бойынша:

$g_{ДПРнас} = 5,1 \cdot 10^{-9}$ Зв/Бк - халық үшін ²²²Ra бойынша шартты доза коэффициенті;

$g_{ДПРперс} = 6,6 \cdot 10^{-9}$ Зв/Бк - персонал үшін ²²²Ra бойынша шартты доза коэффициенті;

$V_n = 2,4 \cdot 10^3$ м³, $V_{нас} = 1,0$ -ден 8,1 мың м³ дейін жасына байланысты радиациялық қауіпсіздік нормаларының 8.1 кестесіне сәйкес,

$C_{ржп}$, $C_{ратм}$, $C_{рм}$ - сәйкесінше тұрғын үй-жайларда, атмосферада және жұмыс орнында ²²²Ra орташа жылдық эквивалентті көлемдік белсенділік ;

0,2; 0,8 – сәйкесінше ашық ауада және үй ішінде өткізілген уақыт үлесі.

UNSCEAR үй ішіндегі радонның орташа $C_{\text{эроа}} 25 \text{ Бк/м}^3$ және радонның ыдырауының еншілес өнімдерін ингаляциялаудың тиімді дозасының қуаты жылына 1,4 мЗв құрайды [80, 81].

6 Сауалнама әдісі

Сауалнама – респонденттердің стандартталған сауалнама түрінде алдын ала дайындалған сұрақтарға жауап беретін деректер жинау әдісі. Бұл әдіс сапалы және сандық ақпаратты жинау үшін ғылыми салаларда кеңінен қолданылады.

Ақмола облысы кентіндегі радиоактивті қалдықтар қоймасының жанында орналасқан мектептің оқушылары мен мұғалімдері арасында сауалнама жүргізілді. Сауалнаманың мақсаты – радиациялық қауіпсіздік бойынша білім мен хабардарлық деңгейін анықтау, сондай-ақ қатысушылардың осы мәселеге көзқарасын бағалау.

Сауалнама жабық және ашық сұрақтардан тұратын стандартты сауалнаманы қолдану арқылы жүргізілді, жазбаша түрде сұрақтар қатысушыларға қолжетімді және түсінікті түрде тұжырымдалды (Қосымша Б).

Барлық қатысушылар зерттеудің мақсаты мен сипаты туралы хабардар етілді және қатысу ерікті және анонимді болды. Сауалнама нәтижелері қатысушылардың радиацияның қауіптілігі туралы хабардарлығы мен білім деңгейін бағалау және осы саладағы радиациялық қауіпсіздікке байланысты ықтимал проблемалар мен тәуекелдерді анықтау құралы ретінде пайдаланылды.

7 Статистикалық талдау әдісі

Алынған нәтижелер сипаттамалық статистикалық әдістермен өңделді. Алынған нәтижелердің орташа квадраттық ауытқуы, орташа арифметикалық қатесі табылды табылды.

Статистикалық талдау Stat Tech V. 3.1.6 бағдарламасын қолдана отырып жүргізілді (әзірлеуші - "Статтех" ЖШҚ, Ресей).

Сандық көрсеткіштер Шапиро-Уилк критерийі (зерттелгендер саны 50-ден аз болса) немесе Колмогоров-Смирновтың критерийі (зерттелгендер саны 50-ден асса) арқылы қалыпты үлестірімге сәйкестігі тұрғысынан бағаланды.

Екі сандық көрсеткіш арасындағы корреляциялық байланыстың бағыты мен тығыздығы Спирменнің дәрежелік корреляция коэффициентімен бағаланды (көрсеткіштерді қалыптыдан басқа бөлу кезінде).

Сандық айнымалының факторларға тәуелділігін сипаттайтын болжамды модель сызықтық регрессия әдісі арқылы жасалды.

3. ЖҮРГІЗІЛГЕН ЗЕРТТЕУ НӘТИЖЕЛЕРІ

3.1 АҚСУ ЕЛДІ МЕКЕНІНІҢ МЕКТЕБІ АУМАҒЫНДАҒЫ КЕШЕНДІ РАДИАЦИЯЛЫҚ МОНИТОРИНГ

3.1.1 Оқу орны аумағында және мектеп ғимараты ішінде гамма-сәулеленудің амбиентті эквиваленттік дозасының қуатын бағалау

Ақсу ауылындағы мектеп аумағында радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету бойынша санитарлық-эпидемиологиялық талаптарға сәйкес гамма-фон $0,3 \text{ мкЗв/сағ}$ аспауы керек [82]. Бұл аймақ үшін өлшеулер кезінде фондық мән $0,13 - 0,16 \text{ мкЗв/сағ}$ болды (12 сурет).



12 сурет – Мектеп ғимаратының гамма түсірілімдерін жүргізу

Күзде жүргізілген Ақсу орта мектебінің аумағында жүргізілген жаяу жүргіншілер гамма-суретінің нәтижелері бойынша гамма-сәулеленудің қоршаған орта дозасының эквиваленттік жылдамдығы $0,13 \text{ мкЗв/сағ}$ -тан $0,30 \text{ мкЗв/сағ}$ аралығында өзгертіні анықталды. ГС АЭДҚ тіркелген максималды мәні берілген аумақ үшін фондық мәннен 1,8 есе асып түседі.

1-қабаттағы бөлмелерде ГС АЭДҚ $0,18 \text{ мкЗв/сағ}$ -тан $0,40 \text{ мкЗв/сағ}$ аралығында ауытқиды, гамма-сәулеленудің АЭДҚ максималды мәні шағын орталықтың ойын бөлмесінде тіркелді, бұл осы аймақ үшін фондық деңгейден 2,5 есе жоғары.

Мектептің екінші қабатында ГС АЭДҚ $0,18 \text{ мкЗв/сағ}$ -тан $0,27 \text{ мкЗв/сағ}$ аралығында, ал оқу орнының үшінші қабатында $0,20 \text{ мкЗв/сағ}$ -тан $0,25 \text{ мкЗв/сағ}$ -ка дейін ауытқиды, бұл фон мәнінен 1,5-1,8 есе көп.

Мектептің жертөлесінде ГС АЭДҚ $0,28 \text{ мкЗв/сағ}$ - $0,35 \text{ мкЗв/сағ}$ ауытқиды, максималды көрсеткіш фондық деңгейден 2,2 есе жоғары (кесте 1).

Кесте 1 – Мектеп аумағындағы, жертөлесіндегі және мектеп ішіндегі гамма-сәулелерінің амбиентті эквивалентті доза қуатын өлшеу нәтижелері

Өлшеулер өткізілген аймақтар	Гамма-сәулеленудің АДЭҚ мәні, мкЗв/сағ		
	min	max	Орт.
1 қабат	0,18	0,40	0,24±0,08
2 қабат	0,18	0,21	0,21±0,07
3-қабат	0,20	0,25	0,22±0,07
Мектеп аумағы	0,09	0,30	0,18±0,06
Мектеп жертөлесі	0,28	0,35	0,32±0,1
Берілген аймақ үшін фондық мән = 0,13 - 0,16 мкЗв/сағ			

3.1.2 Мектеп аумағында алынған топырақ үлгілерінің ластануын бағалау

Қоршаған орта объектілерінің радиоактивті ластану деңгейін бағалау жөніндегі жұмыстарды жүргізу кезінде топырақтың радионуклидтік құрамын зерттеуге ерекше назар аударылды. Негізгі доза түзетін радионуклидтердің аумақтық таралу сипатын және олардың тік таралуын зерттеу үшін бірқатар үлгі алу нүктелерінде топырақтың беткі үлгілері алынды. Топырақ үлгілері 2021 жылдың күзгі кезеңінде және 2022 жылдың көктемгі кезеңінде алынды (13 сурет).



13 сурет – Оқу орнының аумағындағы топырақтың беткі үлгісін алу

Ақсу ауылындағы мектеп аумағынан алынған топырақ үлгілерін зертханалық радиоспектрометриялық зерттеу нәтижесінде ^{226}Ra үлестік белсенділігі $6,75 \pm 2,3$ Бк/кг-дан $31,3 \pm 21,8$ Бк/кг-ға дейін; ^{232}Th – $36,9 \pm 18,7$ Бк/кг-дан $99,6 \pm 31,3$ Бк/кг-ға дейін; ^{40}K - $93,3 \pm 31,1$ Бк/кг-дан $346,7 \pm 241,7$ Бк/кг-ға дейін өзгеретіні анықталды (кесте 2).

Кесте 2 – Ақсу ауылындағы мектеп аумағынан алынған топырақ үлгілеріндегі радионуклидтердің үлестік белсенділігі

Үлгі шифрі	Географиялық координаттар	Үлестік белсенділік, Бк/кг		
		²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K
№1 Т	N52°27'44,7" E71°58'48,7"	6,75±2,3	52,5±30,7	346,7±241,7
№2 Т	N52°27'49,8" E71°58'51,0"	31,3±21,8	50,7±27,8	246,4±206,7
№3 Т	N52°27'50,1" E71°58'57,1"	12±4	67,3±40,1	242,9±80,9
№4 Т	N52°27'44,9" E71°58'54,4"	10,9±3,6	79,8±39,1	250,5±83,5
№5 Т	N52°27'48,0" E71°58'52,7"	9,7±3,2	36,9±18,7	226,5±147
№1 УЦП	N52°27'48,3" E71°58'53,4"	3,4±1,1	73,1±28,2	93,3±31,1
№2 ПОГВ	N52°27'49,4" E71°58'56,9"	4,6±1,5	99,6±31,3	325,7±203,3
№3 УСГВ	N52°27'49,4" E71°54'04,2"	6,7±2,2	75,1±27,5	203,3±173,7
№4 УТ	N52°27'45,0" E71°58'54,8"	3,8±1,3	87±29,1	266,7±186,3
№5 УЗШМЦ	N52°27'45,0" E71°58'52,8"	27,4±18,2	86,2±27,6	268,7±177,7
№6 УЗШ	N52°27'44,7" E71°58'49,5"	5,4±1,8	93,3±33,6	268,7±214
Республикалық көрсеткіштер [74]	орташа	12-120	10-220	100-1200

Радионуклидтердің үлестік белсенділігінің ең жоғары мәндері келесі үлгілерде табылды: ²²⁶Ra (31,3±21,8 Бк/кг) №2 Т үлгісінде; ²³²Th (99,6±31,3 Бк/кг) №2 ПОГВ үлгісінде; ⁴⁰K (346,7±241,7 Бк/кг) №1 Т үлгісінде. Радионуклидтердің үлестік белсенділігі республикалық орташа мәндерден аспайды.

Ақсу ауылындағы мектептің жертөлесінен алынған құрылыс материалдарының үлгілеріне радиоспектрометриялық талдау жүргізгенде ²²⁶Ra үлестік белсенділігі 6,9±2,3 Бк/кг-нан 61,8±22 Бк/кг дейін; ²³²Th - 55,5±17,9 Бк/кг-нан 97,3±28,4 Бк/кг-ға дейін; ⁴⁰K - 139,6±108,7 Бк/кг-нан 371,3±193,3 Бк/кг-ға дейін анықталды (кесте 3).

Кесте 3 – Ақсу ауылындағы мектептің жертөлесінен алынған құрылыс материалдарының үлгілеріндегі радионуклидтердің үлестік белсенділігі

Үлгі шифрі	Географиялық координаттар	Үлестік белсенділік, Бк/кг		
		²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K
ПК	N52°28'09" E71°58'52"	61,8±22	97,3±28,4	371,3±193,3
ССП	N52°28'09" E71°58'52"	6,9±2,3	55,5±17,9	139,6±108,7
Республикалық орташа көрсеткіштер [74]		12-120	10-220	100-1200

Барлық радионуклидтердің үлестік белсенділігінің максималды мәндері ПК үлгісінде анықталды: ²²⁶Ra - 61,8±22 Бк/кг; ²³²Th - 97,3±28,4 Бк/кг; ⁴⁰K - 371,3±193,3 Бк/кг. Радионуклидтердің үлестік белсенділігі орташа республикалық шама шегінде.

²²⁶Ra амбиентті эквивалентті доза қуаты мен үлестік белсенділігінің өзара байланысына корреляциялық талдау жүргізілді (кесте 4).

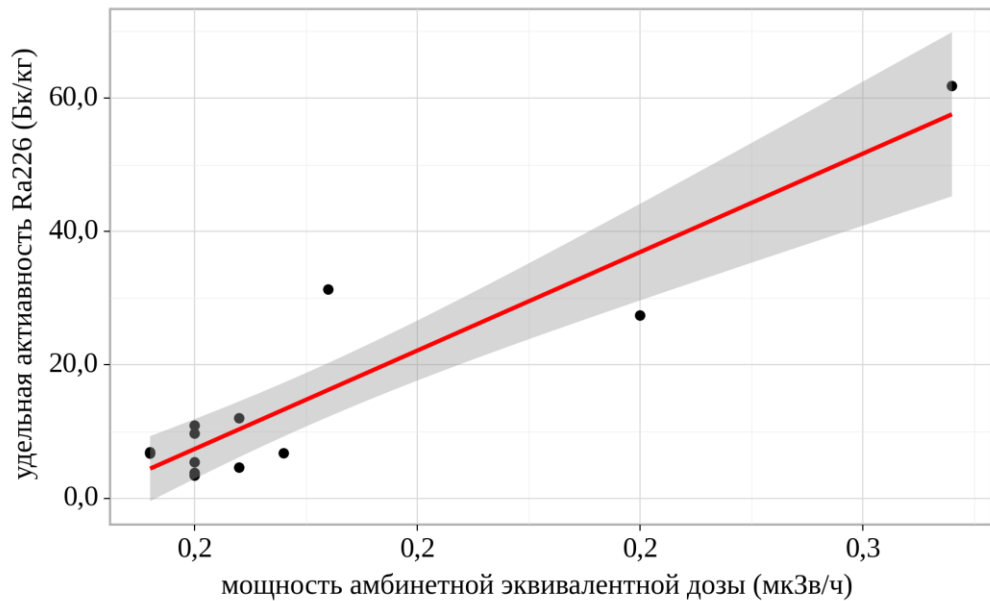
Кесте 4 - ²²⁶Ra амбиентті эквивалентті доза мен үлестік белсенділіктің өзара байланысын корреляциялық талдау нәтижелері

Көрсеткіш	Корреляциялық байланыстың сипаттамасы		
	ρ	Чеддок шкаласы бойынша байланыстың тығыздығы	p
²²⁶ Ra амбиенттік эквивалентті дозаның қуаты мен үлестік активтілігі	0,592	Көрнекті	0,033*
* - көрсеткіштердің айырмашылықтары статистикалық маңызды (p < 0,05)			

²²⁶Ra үлестік белсенділігі мен амбиентті эквивалентті доза жылдамдығы арасындағы байланысты бағалау кезінде байқалатын тығыздықтың тікелей байланысы анықталды.

²²⁶Ra үлестік белсенділігінің амбиентті эквивалентті доза қуатына байқалатын тәуелділігі жұптық сызықтық регрессия теңдеуімен сипатталады (14 сурет) :

$$Y_{226\text{Ra меншікті белсенділігі}} = 295,115 \times X_{\text{амбиентті эквивалентті дозаның қуаты}} - 36,866$$



14 сурет - ^{226}Ra үлестік белсенділігінің амбиентті эквивалентті доза қуатына тәуелділігін сипаттайтын регрессиялық функция графигі

Амбиентті эквивалентті дозаның қуаты 1 мкЗв/сағ артқан кезде ^{226}Ra үлестік белсенділігінің 295,115 Бк/кг-ға артуын күту керек. Алынған модель ^{226}Ra үлестік белсенділігінің бақыланатын дисперсиясының 85,7% түсіндіреді.

^{232}Th амбиентті эквивалентті доза қуаты мен үлестік белсенділігінің өзара байланысына корреляциялық талдау жүргізілді (кесте 5).

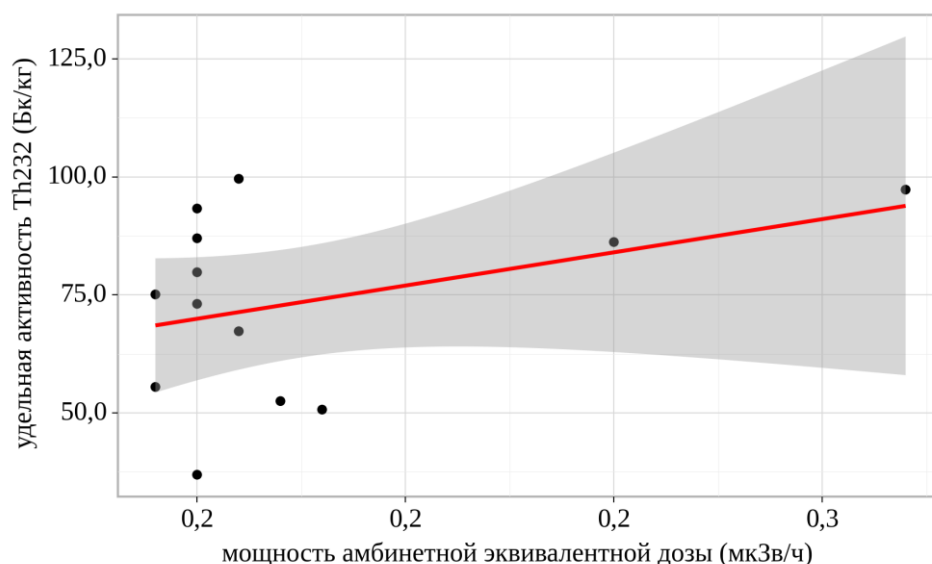
Кесте 5 - ^{232}Th амбиентті эквивалентті доза қуаты мен үлестік белсенділігінің өзара байланысын корреляциялық талдау нәтижелері

Көрсеткіш	Корреляциялық байланыстың сипаттамасы		
	ρ	Чеддок шкаласы бойынша байланыстың тығыздығы	p
^{232}Th амбиенттік эквивалентті дозаның қуаты мен үлестік активтілігі	0,162	Әлсіз	0,598

^{232}Th үлестік белсенділігі мен амбиентті эквивалентті дозасының жылдамдығы арасындағы байланысты бағалау кезінде әлсіз тікелей байланыс анықталды.

^{232}Th үлестік белсенділігінің амбиентті эквивалентті доза қуатына байқалатын тәуелділігі жұптық сызықтық регрессия теңдеуімен сипатталады (15 сурет):

$$Y_{^{232}\text{Th} \text{ меншікті белсенділігі}} = 140,712 \times X_{\text{амбиентті эквивалентті дозаның қуаты}} + 48,837$$



15 сурет - ^{232}Th үлестік белсенділігінің амбиентті эквивалентті доза қуатына тәуелділігін сипаттайтын регрессиялық функцияның графигі

Амбиентті эквивалентті дозаның қуаты 1 мкЗв/сағ артқан кезде ^{232}Th үлестік белсенділігінің 140,712 Бк/кг-ға артуын күту керек. Алынған модель ^{232}Th үлестік белсенділігінің бақыланатын дисперсиясының 13,8% түсіндіреді.

3.1.3 Оқу орны кабинеттерінің ауасындағы радон деңгейін бағалау

Табиғи радиоактивтіліктің барлық көздерінің ішінде жылдық тиімді дозаға негізгі үлесті радиоактивті газ – радон қосады. Радонның және оның еншілес өнімдерінің әсерінен сәулелену маңызды радиациялық-гигиеналық мәселелердің бірі болып табылады.

Эксплуатацияланған тұрғын үй-жайларда радонның, торонның еншілес изотоптарының орташа жылдық эквивалентті тепе-теңдік белсенділігінің нормасы 200 Бк/м³ аспауы керек [20].

Жалпы білім беретін мектепте радон концентрациясын өлшеу 2021 жылдың қазанынан 2023 жылдың мамырына дейін жүргізілді. Барлық өлшемдер бөлменің ортасында, еден деңгейінен кемінде 0,5 м қашықтықта орналасқан мектептің кабинеттерінде жүргізілді (сурет 16).



16 сурет – Ақсу ауылындағы мектепте радонның эквивалентті тепе-теңдік көлемдік белсенділігін өлшеу

Жүргізілген талдау көрсеткендей, Ақсу ауылындағы білім беру мекемесіндегі радон ЭТКБ-нің жеке өлшемдері шекті рұқсат етілген деңгейден қырық сегіз есеге дейін өте жоғары болуы мүмкін (кесте 6).

Кесте 6 – Ақсу ауылындағы мектептегі радон концентрациясының максималды, минималды және орташа мәндері, Бк/м³

№	Кезең	Қабат	Кабинеттер саны	Радонның ЭТКБ Бк/м ³		
				Max	Min	Орт.
1	Күзгі кезең (2021 ж. қазан-қараша)	1	6	9520	198	2563±854
		ШО	1	9634	-	9634±3211
		2	8	6800	1498	3482±1161
		3	6	5250	838	3337±1112
2	Көктемгі кезең (мамыр-маусым, 2022 ж.)	1	3	21	3	14±5
		ШО	4	14	4	9±3
		2	1	4	-	4±1
		3	2	6	3	5±2
		Жертөле	1	10	-	10±3
3	Қысқы кезең (2022 ж. желтоқсан; 2023 ж. қаңтар-ақпан)	1	6	114	78	405±135
		ШО	13	2335	87	960±320
		2	13	674	79	454±151
		3	11	1454	80	778±259
4	Көктемгі кезең (наурыз, мамыр 2023 ж.)	1	8	409	18	126±42
		ШО	10	259	5	128±43
		2	10	60	11	31±10
		3	7	121	17	87±29

Күзгі кезеңде жүргізілген радон концентрациясын өлшеу бірінші қабаттағы 6 оқу кабинетінде, шағын орталықтың 1 демалу бөлмесінде, екінші қабаттағы 8 оқу кабинетіне және үшінші қабаттағы 6 оқу кабинетінде жүргізілді.

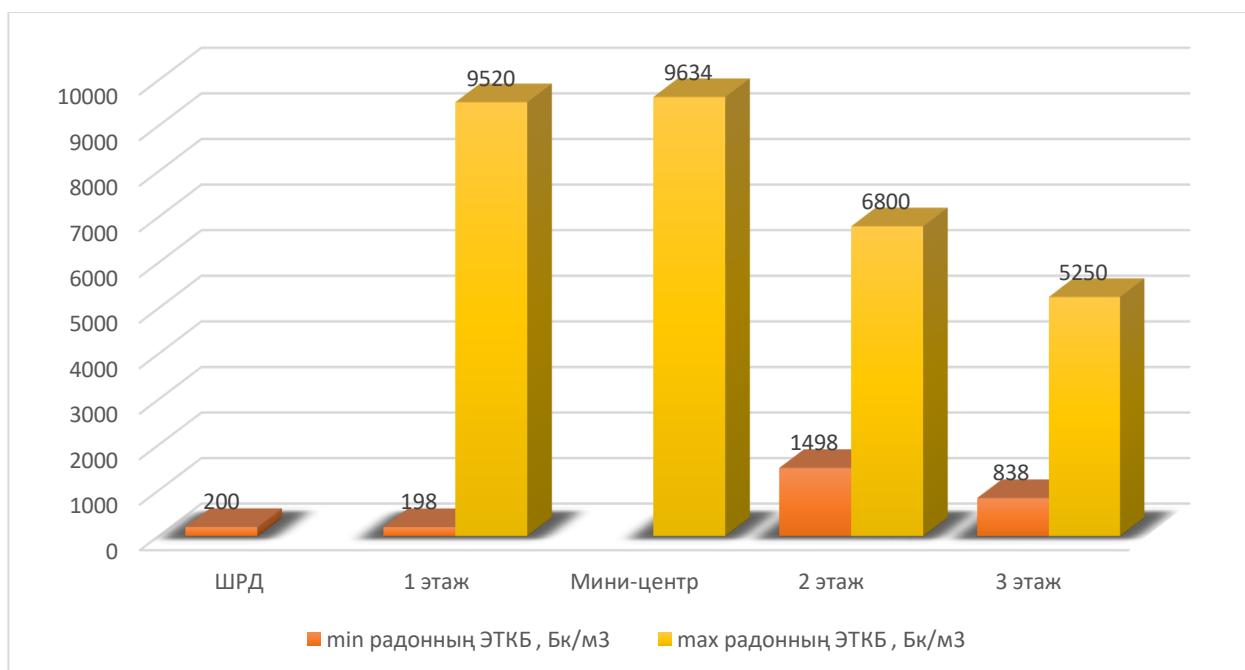
Күзгі кезеңде мектеп бөлмедерінде бірінші қабатта жүргізілген радонның ЭТКБ өлшеулерінің нәтижелері бойынша радон концентрациясы 198 Бк/м³-тен 9634 Бк/м³ дейін ауытқитыны анықталды, ең жоғары мәні ШРД-ден 48 есе жоғары. Орташа көрсеткіш 2563±854 Бк/м³ құрады, бұл нормативті мәннен 12 есеге жоғары.

Мектептің бірінші қабатында орналасқан шағын орталықтың ойын залында радонның концентрациясы 9634 Бк/м³ құрады, бұл шекті рұқсат етілген деңгейден 48 есе асып түседі.

Білім беру мекемесінің екінші қабатында радон концентрациясы 1498 Бк/м³-ден 6800 Бк/м³-ге дейін өзгерді. Ең жоғары мән стандартты мәннен 34 есе, ал ең төменгі мән 7 есе жоғары. Қабаттағы радон концентрациясының орташа мәні 3482±1161 Бк/м³ құрады, бұл ШРД-ден 17 есе жоғары.

Үшінші қабаттағы бөлмелердегі радонның ЭТКБ көрсеткіші 838 Бк/м³-тен 5250 Бк/м³-ге дейін ауытқыды, мұнда максималды көрсеткіш нормадан 26 есеге, ал ең төменгі мән 4 есеге артты. Үшінші қабаттағы радон ЭТКБ-нің орташа мәні 3337±1112 Бк/м³ құрады, бұл шекті рұқсат етілген деңгейден 16 есе жоғары.

2021 жылдың күзінде жүргізілген өлшеу нәтижесінде радон концентрациясы стандартты мәндерден бірнеше ондаған есе асып түсетіні анықталды (17 сурет).



17 сурет - Ақсу ауылының мектебіндегі радонның ЭТКБ-нің максималды және минималды мәндері қабаттар бойынша, күзгі кезең

3 қабаттағы кабинеттердің бірінде радонның эквивалентті тепе-теңдік көлемдік белсенділігін өлшеу терезелері мен есіктері жабық және

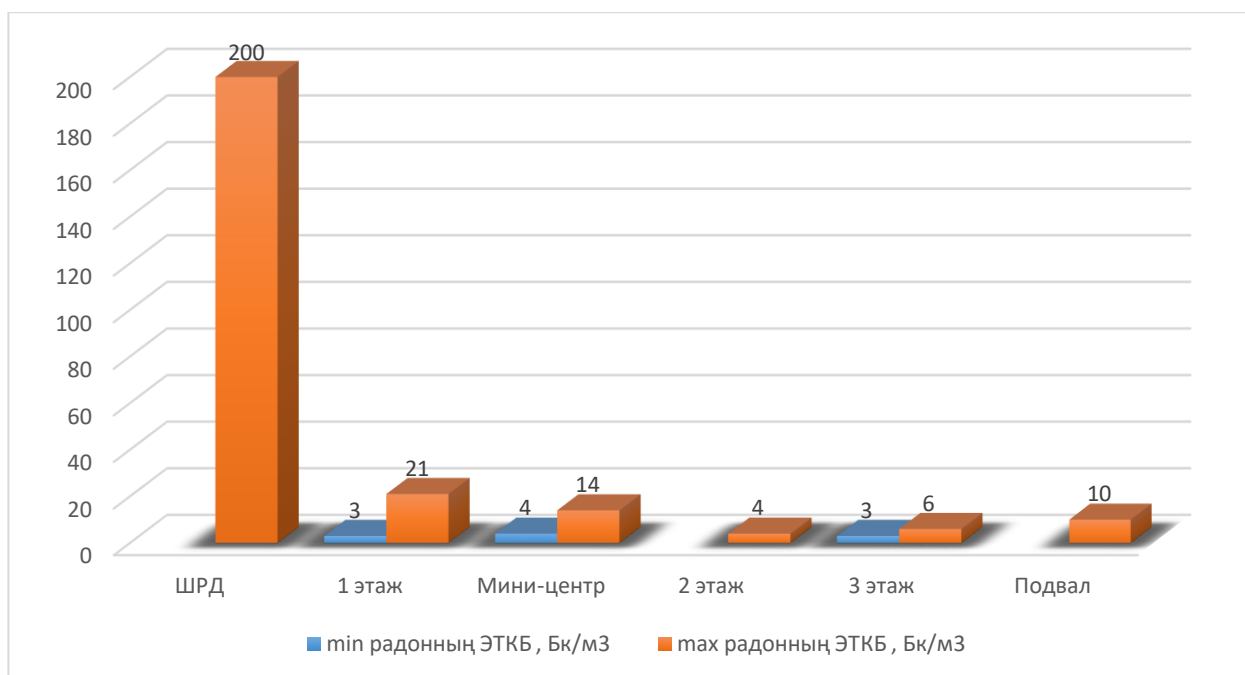
желдетілгеннен кейін 2 рет жүргізілді. Терезелері мен есіктері жабық радон ЭТКБ 5250 Бк/м³ құрады, ал желдетуден кейін деректер 838 Бк/м³ құрады, эроа желдетілгеннен кейін радон 6 есеге дейін төмендеді, бұл оқу және көмекші кабинеттерді жиі желдету қажеттілігін дәлелдейді.

Көктемде жүргізілген радон ЭТКБ өлшеулері кезінде бірінші қабатта 3 кабинет, шағын орталықта 2 жатын бөлме және 2 ойын бөлмесі, екінші қабатта 1 кабинет, үшінші қабатта 2 кабинет және мектеп жертөлесі қамтылды.

Ақмола облысы бойынша санитарлық-эпидемиологиялық бақылау департаментімен бірлесе отырып, 2022 жылдың мамыр айында оқу орнында өлшеу жұмыстары жүргізілді.

Көктемде жүргізілген өлшеулер нәтижесінде мыналар тіркелді:

- бірінші қабаттағы бөлмелердегі радон концентрациясы 3 Бк/м³-тен 21 Бк/м³ дейін ауытқиды;
- шағын орталық бөлмелеріндегі радонның ЭТКБ 4 Бк/м³-тен 14 Бк/м³-ке дейін ауытқиды;
- білім беру мекемесінің екінші қабатындағы бөлмелердің бірінде радонның ЭТКБ 4 Бк/м³ құрады;
- үшінші қабатта радон концентрациясы 3 Бк/м³-тен 6 Бк/м³ дейін өзгерді (18 сурет).



18 сурет – Ақсу ауылының орта мектебінде радон концентрациясының ең жоғары және ең төменгі мәндері, көктемгі кезең

Қыста жүргізілген радон ЭТКБ өлшеулері кезінде орта мектептің бірінші қабатында 6 кабинет, шағын орталықтың 13 бөлмесі, екінші қабатта 13 және үшінші қабатта 11 кабинет қамтылды.

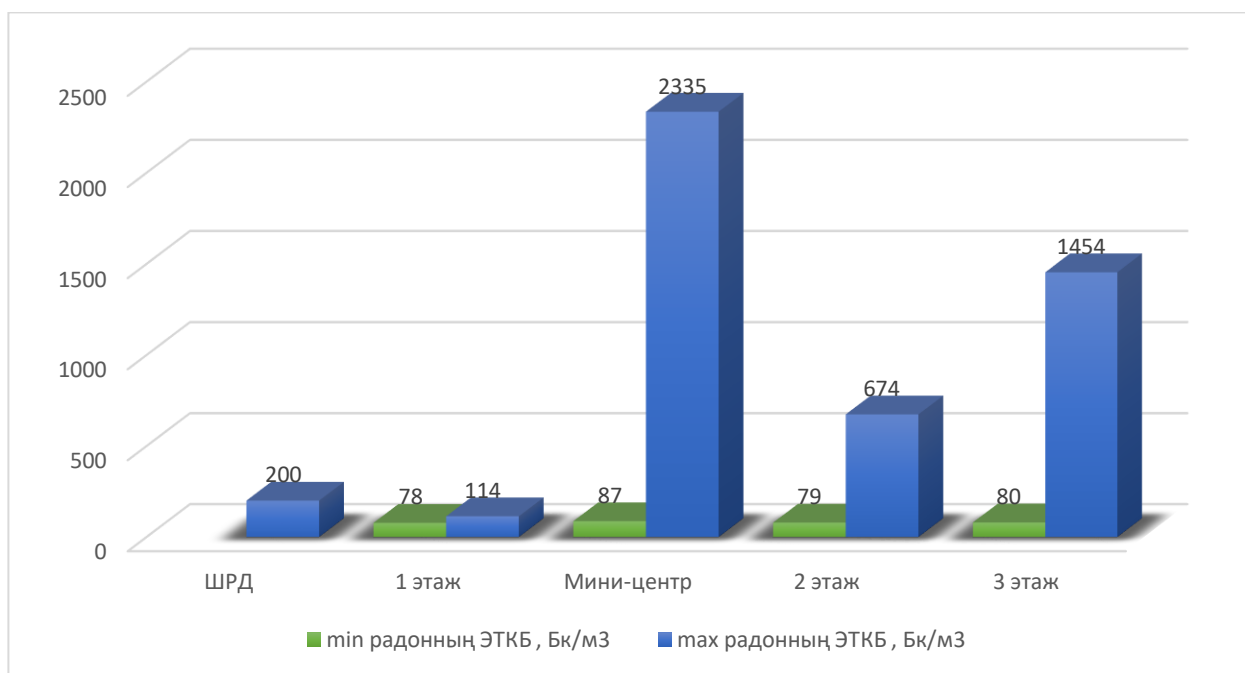
Қыс мезгілінде радон концентрациясын өлшеу нәтижесінде мыналар тіркелді:

- білім беру мекемесінің бірінші қабатындағы оқу кабинеттерінде радонның ЭТКБ 78 Бк/м³-тен 114 Бк/м³-ке дейін ауытқиды, деректер рұқсат етілген деңгейде. Қабаттағы орташа мән 405±135 Бк/м³ құрады, бұл ШРД-ден 2 есе асып түседі;

- шағын орталықтың ұйықтау және ойын бөлмелерінде радон концентрациясы 87 Бк/м³-тен 2335 Бк/м³-ке дейін ауытқиды, ең жоғары көрсеткіші нормативтік мәннен 11 есе асып түсті. Шағын орталықтағы орташа көрсеткіш 960±320 Бк/м³ құрады, бұл нормадан 5 есеге артық;

- екінші қабатта радон ЭТКБ 79 Бк/м³-тен 674 Бк/м³ дейін өзгерді. Максимальды мән рұқсат етілген ең жоғары деңгейден 3 есе асып түседі. Едендегі радон концентрациясының орташа мәні 454±151 Бк/м³ құрады, бұл нормативтік мәннен 2 есе жоғары;

- үшінші қабаттағы радонның концентрациясы 80 Бк/м³-тен 1454 Бк/м³-ке дейін ауытқиды, мұнда ең жоғары көрсеткіш нормадан 7 есеге асады. Орташа мән 778±259 Бк/м³ құрайды, бұл ШРК-дан 3 есеге жоғары (19 сурет).



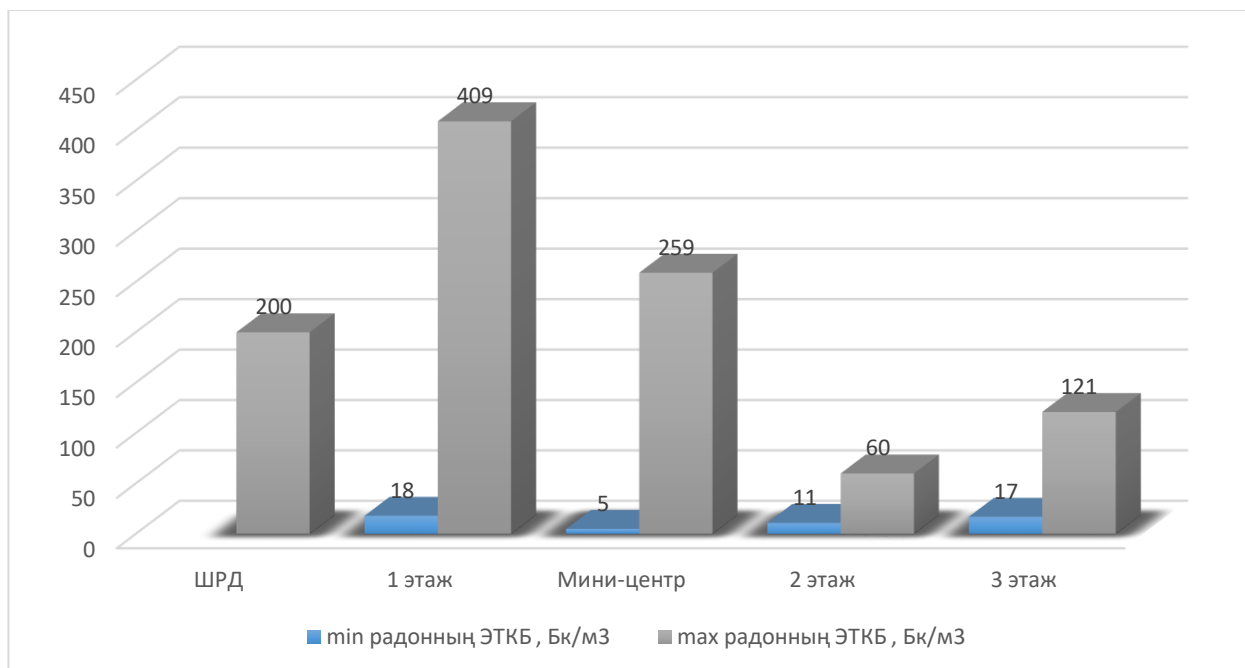
19 сурет - Ақсу ауылындағы орта мектепте радон концентрациясының ең жоғары және ең төменгі мәндері, қысқы кезең

Қыс мезгіліндегі ең жоғары мән 2022 жылдың желтоқсанында тіркелді. 2023 жылдың қаңтарынан бастап өлшеулер бойынша концентрацияның төмендеуі байқалды.

Көктемгі кезеңде жүргізілген зерттеу жұмыстары бірінші қабатта 8 оқу бөлмелерінде, шағын орталықтың 10 бөлмесінде, екінші қабатта 10 оқу бөлмелерінде, үшінші қабатта 7 оқу бөлмелерінде жүргізілді.

Зерттеу нәтижелері бойынша бірінші қабаттағы радон концентрациясы 18 Бк/м³-тен 409 Бк/м³-ке дейін өзгеретіні анықталды. Білім беру мекемесінің шағын орталығында радон концентрациясы 5 Бк/м³-тен 259 Бк/м³ аралығында болды. Екінші қабатта радонның ЭТКБ 11 Бк/м³-тен 60 Бк/м³-ке дейін ауытқиды.

Мектептің үшінші қабатындағы радон концентрациясы 17 Бк/м³-тен 121 Бк/м³ дейін өзгерді (20 сурет).



20 сурет - Ақсу ауылындағы орта мектепте радон концентрациясының ең жоғары және ең төменгі мәндері, көктемгі кезең

Көктемде жүргізілген зерттеулерге сәйкес, тек 2 мән рұқсат етілген деңгейден асып түсетіні анықталды. Бұл мәндер бірінші қабаттың бір кабинетінде (409 Бк/м³) және шағын орталықтың жатын бөлмелерінің бірінде (259 Бк/м³) тіркелді. Қалған деректер рұқсат етілген деңгейден төмен, себебі өлшеулер осы кабинеттер желдетілгеннен кейін жүргізілді.

Мектеп үй-жайларындағы көлемдік белсенділікті өлшеу нәтижелері бойынша радон концентрациясының Қазақстан Республикасының нормативтік құжатында белгіленген 200 Бк/м³ референттік деңгейінен және бірқатар Еуропа елдерінде белгіленген 300 Бк/м³ референттік деңгейінен асып кетуі және радиациялық қорғау жөніндегі халықаралық комиссияның ұсынымдары анықталды [83, 84].

3.2 БІЛІМ БЕРУ ОРЫНДАРЫНЫҢ ОҚУШЫЛАРЫ МЕН ҚЫЗМЕТКЕРЛЕРІНІҢ ЭФФЕКТИВТІ ДОЗАСЫН БАҒАЛАУ

3.2.1 Шағын орталық балаларының және жұмыскерлердің, оқушылар мен мұғалімдердің оқу жылында мектепте өткізген уақытын есептеу

Білім беру мекемесінің студенттері мен қызметкерлері үшін жылдық дозаны есептеу үшін біз студенттердің, мұғалімдер мен қызметкерлердің, шағын орталықтың балалары мен мұғалімдерінің оқу жылында мектепте болған уақытын есептелді.

ГОСТ-ның 36-тармағына сәйкес «Оқушылардың апталық оқу жүктемесінің шекті көлемі аудиториялық және сыныптан тыс (факультативтік, жеке және үйірме сабақтары) оқу жұмысының барлық түрлерін қоса алғанда, 1-сыныпта 24 сағаттан, 1-сыныпта 25 сағаттан аспауы керек. 2-сыныпта, ал 25 сағат 3-4-сыныпта – 29 сағат, 5-сыныпта – 32 сағат, 6-сыныпта – 33 сағат, 7 сыныпта – 34 сағат, 8 сыныпта – 36 сағат, 9 сыныпта – 38 сағат. , 10 және 11 сыныптарда - 39 сағат.

Ақсу орта мектебінде 1-4 сынып оқушылары күніне 6 сағат, 5-8 сынып оқушылары 7 сағат, 9-11 сынып оқушылары 8 сағат, мұғалімдер 8 сағат, шағын орталық қызметкерлері мен балалар күніне 9 сағатты мектепте өткізеді.

2022-2023 оқу жылында оқушылар 173 күн оқып, 192 күн демалады, оның ішінде 117 күн демалыс, 75 күн демалыс және мереке күндері. Шағын орталыққа баратын балалар мектепте 188 күн өткізеді. Шағын орталықтың мұғалімдері мен қызметкерлері биылғы оқу жылында мектепте 245 күн өткізеді (мереке және демалыс, мереке күндерін қоспағанда) (21 сурет).



21 сурет – 2022-2023 жылдарға арналған оқу жылының күнтізбесі

Жоғарыда келтірілген ақпаратты ескере отырып, бүкіл оқу кезеңінде 1-4 сынып оқушылары мектепте жылына 1040 сағат, 5-8 сынып оқушылары – жылына 1350 сағат, 9-11 сынып оқушылары – жылына 1546 сағат, мұғалімдер – жылына 1960 сағат, шағын орталық қызметкерлері – жылына 2205 сағат, шағын орталыққа баратын балалар – жылына 1692 сағат өткізеді.

3.2.2 БҰҰ Атомдық радиация әсері жөніндегі ғылыми комитетінің ұсынысы бойынша Ақсу мектебінің оқушылары мен қызметкерлері үшін орташа жылдық тиімді дозаны есептеу

Бөлмелер мен жұмыс орындарындағы радон концентрациясын бақылау және бақылау бүкіл әлемде өте маңызды мәселе болып табылады. Осыған байланысты мектептер мен балабақшаларға басымдық берілген [86]. Радон бала

ағзасының қарсылығының төмендеуіне байланысты балалар үшін ең қауіпті. Сонымен қатар, балалар үйде көбірек уақыт өткізеді және қоршаған ортаның қауіп-қатеріне, соның ішінде иондаушы сәулелерге сезімтал болады [86, 87]. Балалар мен ересектердің өкпелері арасындағы морфометриялық айырмашылықтарға, сондай-ақ тыныс алу жолдарының жоғарылауына байланысты радонның бірдей мөлшеріне ұшыраған ересектерге қарағанда балаларда радонның әсерінен өкпе ісігінің даму қаупі үш есе жоғары болуы мүмкін [86]. Ендеше, балабақшалар мен мектептердегі радонның зиянды мөлшерін білу – бәріміз үшін айқын мақсат.

(1) формуланы пайдалана отырып, оқушыларға, мектеп қызметкерлеріне қабаттар бойынша (кесте 7), балалар мен шағын орталық қызметкерлеріне (кесте 8) тиімді жылдық доза жүктемесі есептелді.

Кесте 7 – Оқушылар мен мұғалімдерге қабат бойынша жылдық доза жүктемесі, мЗв/жыл

№	Қабат	Сыныптар	Оқушыларға арналған доза жүктемесі, мЗв /жыл	Мұғалімдерге арналған доза жүктемесі, мЗв /жыл
1	1 қабат	1-4 сынып	3,25 мЗв /жыл	6,13 мЗв /жыл
		5-8 сынып	4,22 мЗв /жыл	
		9-11 сынып	4,83 мЗв /жыл	
2	2 қабат	1-4 сынып	4,08 мЗв /жыл	7,69 мЗв /жыл
		5-8 сынып	5,29 мЗв /жыл	
		9-11 сынып	6,06 мЗв /жыл	
3	3-қабат	1-4 сынып	4,37 мЗв /жыл	8,23 мЗв /жыл
		5-8 сынып	5,67 мЗв /жыл	
		9-11 сынып	6,49 мЗв /жыл	
Радон мен оның ыдырау өнімдерінің орташа әлемдік мәні жылына 1,15 (2,4 – 10) мЗв құрайды [74]				

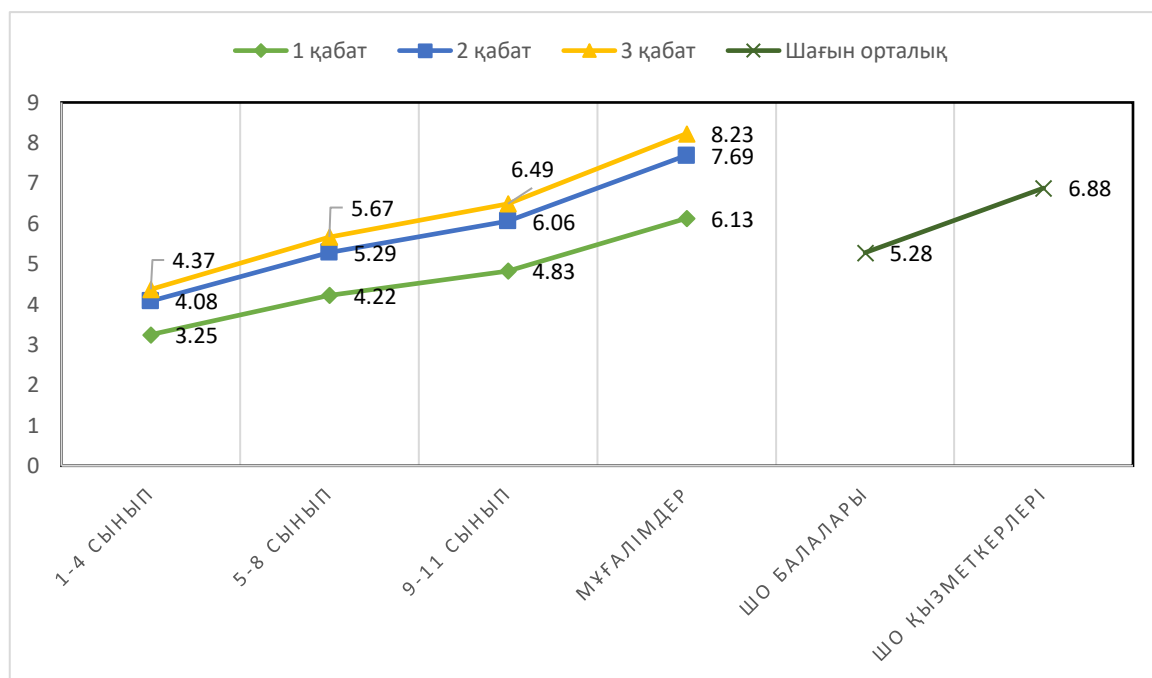
Кесте 8 – Балалар мен шағын орталық қызметкерлері үшін жылдық доза жүктемесі, мЗв/жыл

№	Қабат	Шағын орталық балалары үшін доза жүктемесі, мЗв /жыл	Шағын орталық қызметкерлері үшін доза жүктемесі, мЗв /жыл
1	Шағын орталық	5,28 мЗв /жыл	6,88 мЗв /жыл
Радон мен оның ыдырау өнімдерінің орташа әлемдік мәні жылына 1,15 (2,4 – 10) мЗв құрайды [74]			

Жылдық доза жүктемесін қабаттар бойынша есептеу нәтижелері мынаны көрсетті:

- оқушылардың дозалық жүктемесі 3,25 мЗв/жыл-дан 6,49 мЗв /жылға дейін өзгереді;

- мұғалімдерге арналған доза жүктемесі 6,13 мЗв /жыл-дан 8,23 мЗв /жылға дейін ауытқиды (22 сурет).



22 сурет – Ақсу ауылындағы орта мектептің шағын орталығының оқушылары, қызметкерлері және балалары үшін тиімді жылдық жүктеменің орташа мәндері

1-4 сынып оқушылары үшін жылдық дозалық жүктеменің орташа мәні 3,9 мЗв/жыл, 5-8 сынып оқушылары үшін – 5,06 мЗв/жыл, 9-11 сынып оқушылары үшін – 5,79 мЗв/жыл, ал мұғалімдер үшін – 7,35 мЗв/жыл құрады. Бұл мәндер орташа әлемдік мәннен 1-4 сынып оқушылары үшін 3,4 есе, 5-8 сынып оқушылары үшін 4,4 есе, 9-11 сынып оқушылары үшін 5 есе және Ақсу ауылының мектеп мұғалімдері үшін 6,4 есе жоғары.

Шағын орталықтың балалары үшін доза жүктемесі 5,28 мЗв/жыл, ал шағын орталық қызметкерлері үшін 6,88 мЗв/жыл болды. Бұл көрсеткіштер орташа әлемдік мәннен 4,5 және 6 есе асып түседі.

Сондай-ақ, біз радонның техногендік компоненттерінен жылдық тиімді дозалық жүктемені есептедік. Қазақстан Республикасы заңнамасының регламенті бойынша техногендік құрамдас бөліктерден жылдық дозалық жүктеме 1 мЗв/жыл аспауға тиіс.

Біздің есептеулеріміз бойынша 1-4 сынып оқушылары үшін орташа жылдық тиімді дозалық жүктеме 3,16 мЗв/жыл құрады, 5-8 сынып оқушылары үшін - 4,16 мЗв/жыл; 9-11 сынып оқушылары үшін - 4,69 мЗв/жыл, мұғалімдер үшін - 5,94 мЗв/жыл. Шағын орталық персоналы үшін дозалық жүктеме 5,28 мЗв/жыл құрады, шағын орталық балалары үшін 4,08 мЗв/жыл құрады.

Мектеп оқушылары мен мұғалімдер, сонымен қоса шағын орталықтың балалары мен қызметкерлерінің радонды ингаляциясынан туындайтын доза жүктемесі мектептегі радон концентрациясын дереу төмендетуді талап етеді.

3.2.3 «Радиациялық гигиена жөніндегі нұсқаулықтарды бекіту туралы» бұйрыққа № 1 қосымша радиациялық гигиена бойынша әдістемелік нұсқауларға сәйкес радон ыдырауының еншілес өнімдерінен алынатын тиімді дозаны есептеу

Қазақстан Республикасы «Радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз етуге қойылатын гигиеналық нормативтер» [81] гигиеналық нормативтерін, «Радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету бойынша санитарлық-эпидемиологиялық талаптар» санитарлық ережелерін бекітті [82]. Гигиеналық нормативтер радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету үшін қызметі иондаушы сәулелену көздерінің айналымымен байланысты меншік нысанына, ұйымдық-құқықтық нысанындағы ведомстволық бағыныстылығына қарамастан заңды және жеке тұлғаларға арналған. Санитариялық қағидалар радиациялық объектілерді жобалау, пайдалануға беру және күтіп ұстау, радиациялық объектілерді пайдаланудан шығару, иондаушы сәулелену көздерімен (тұйықталған және ашық радионуклидті көздер, радиоактивті заттар, радиоизотоптық құрылғылар, иондаушы сәулеленуді генерациялайтын құрылғылар) жұмыс істеу кезінде радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз етуге қойылатын талаптарды белгілейді. радиоактивті қалдықтарды, ластанған немесе құрамында радионуклидтері бар материалдар мен өнімдерді пайдалану, объектілерде, оның ішінде мұнай-газ кешенінде және металл сынықтарында өндірістік радиациялық бақылауды жүзеге асыру, медициналық әсер ету, әсер ету кезінде жеке қорғаныс құралдарын және жеке гигиена құралдарын пайдалану табиғи сәулелену көздері және радиациялық апаттар. Қазіргі уақытта радиациялық тәуекел дәрежесін бағалаудың негізі "радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз етуге қойылатын санитариялық-эпидемиологиялық талаптар" жалпы қабылданған және регламенттелген гигиеналық нормативтер болып табылады, онда радиациялық тәуекел өлшемі тиімді дозаның шамасы болып табылатын иондаушы сәулеленудің шекті емес әсер ету моделі [80]. Радиациялық қауіпсіздіктің негізгі мақсаты халық шаруашылығының әртүрлі салаларында радиацияны пайдалану кезінде пайдалы қызметке негізсіз шектеулерсіз радиациялық қауіпсіздіктің негізгі принциптері мен нормаларын сақтау арқылы халықтың, оның ішінде ғылым мен медицинада персоналдың денсаулығын иондаушы сәулеленудің зиянды әсерінен қорғау болып табылады [88].

(4) формула бойынша оқушылар, мұғалімдер және мектеп қызметкерлері (кесте 9), шағын орталық балалары мен мұғалімдері (кесте 10) үшін тиімді жылдық доза есептелді.

Кесте 9 – Мектеп ғимаратының қабаттары бойынша оқушылар мен мұғалімдерге арналған жылдық доза жүктемесі, мЗв/жыл

№	Қабат	Сыныптар	Оқушыларға арналған доза жүктемесі, мЗв/жыл	Мұғалімдерге арналған доза жүктемесі, мЗв/жыл
1	1 қабат	1-4 сынып	0,99 мЗв/жыл	8,03 мЗв/жыл
		5-8 сынып	2,19 мЗв/жыл	
		9-11 сынып	5,69 мЗв/жыл	
2	2 қабат	1-4 сынып	1,24 мЗв/жыл	10,08 мЗв/жыл
		5-8 сынып	2,75 мЗв/жыл	
		9-11 сынып	7,13 мЗв/жыл	
3	3 қабат	1-4 сынып	1,33 мЗв/жыл	10,79 мЗв/жыл
		5-8 сынып	2,95 мЗв/жыл	
		9-11 сынып	7,64 мЗв/жыл	
БҰҰ АРӨҒК үй-жайлардағы радонның орташа $C_{\text{Эроа}} 25 \text{ Бк/м}^3$ -ке тең және радонның еншілес ыдырау өнімдерін ингаляциялаудың тиімді дозасының қуаты жылына 1,4 мЗв құрайды деп есептейді [80, 81].				

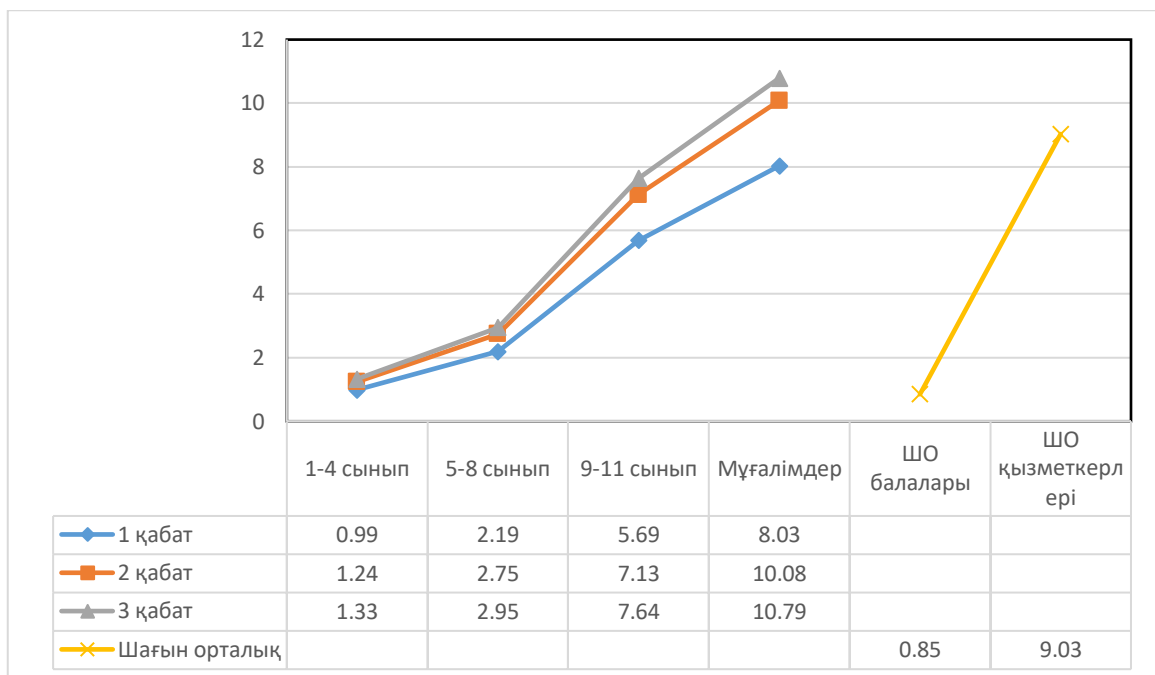
Кесте 10 – Шағын орталықтың балалары мен қызметкерлері үшін жылдық доза жүктемесі, мЗв/жыл

№	Қабат	Шағын орталық балалары үшін доза жүктемесі, мЗв/жыл	Шағын орталық қызметкерлері үшін доза жүктемесі, мЗв/жыл
1	Шағын орталық	0,85 мЗв/жыл	9,03 мЗв/жыл
БҰҰ АРӨҒК үй-жайлардағы радонның орташа $C_{\text{Эроа}} 25 \text{ Бк/м}^3$ -ке тең және радонның еншілес ыдырау өнімдерін ингаляциялаудың тиімді дозасының қуаты жылына 1,4 мЗв құрайды деп есептейді [80, 81].			

Жылдық доза жүктемесін қабаттар бойынша есептеу нәтижелері мынаны көрсетті:

- оқушылардың дозалық жүктемесі 0,99 мЗв/жыл-дан 7,64 мЗв/жылға дейін өзгереді;

- мұғалімдерге арналған дозалық жүктеме 8,03 мЗв/жыл-дан 10,79 мЗв/жылға дейін ауытқиды (23 сурет).



23 сурет – Ақсу ауылындағы орта мектептің оқушылары, мұғалімдері және шағын орталықтың балалары мен қызметкерлері үшін тиімді жылдық жүктеменің орташа мәндері

1-4 сынып оқушылары үшін жылдық дозалық жүктеменің орташа мәні 1,2 мЗв/жыл құрады; 5-8 сынып оқушылары үшін – 2,63 мЗв/жыл; 9-11 сынып оқушылары үшін – 6,82 мЗв/жыл; ал мұғалімдер үшін – 9,64 мЗв/жыл. Алынған мәндер 5-8 сынып оқушылары үшін радонның ыдырау өнімдерін ингаляциялаудан алынған тиімді дозаның UNSCEAR мәнінен 1,7 есе; 9-11 сынып оқушыларына 4,9 есе; білім беру мекемесінің мұғалімдеріне 6,9 есе жоғары.

Шағын орталықтың балалары үшін доза жүктемесі 0,85 мЗв/жыл, ал шағын орталық қызметкерлері үшін 9,03 мЗв/жыл құрады. Шағын орталық қызметкерлері үшін алынған мән UNSCEAR ұсынған мәннен 6,5 есе асып түседі.

Зерттеуге сәйкес, мектеп пен балабақша ғимаратында радонның жоғары дозалық жүктемесі анықталған. Бұл оқушыларға да, қызметкерлерге де әсер етеді, бұл білім беру ұйымдарындағы радон концентрациясын төмендету үшін дереу араласуды талап етеді. Ақмола облысы Ақсу ауылындағы мектеп бойынша зерттелген мәліметтер радон қауіпсіздігі жөніндегі ұлттық бағдарламаны бекіту және Қазақстан бойынша мектептер мен балабақшалардағы радон деңгейіне тұрақты мониторинг жүргізу қажет екендігінің дәлелі.

3.3 РАДИАЦИЯ ТУРАЛЫ НЕГІЗГІ МӘСЕЛЕЛЕР БОЙЫНША МЕКТЕП ОҚУШЫЛАРЫ МЕН ҚЫЗМЕТКЕРЛЕРІНІҢ БІЛІМ ДЕНГЕЙІ

Халықты ақпараттандыру процесі субъективті және объективті себептерге байланысты әрқайсысының белгілі бір қиындықтары бар бірқатар кезеңдерді қамтиды. Бұл процестің қажетті және маңызды буыны халықты ақпараттандырудың тиімділігін бағалау болып табылады. Атап айтқанда,

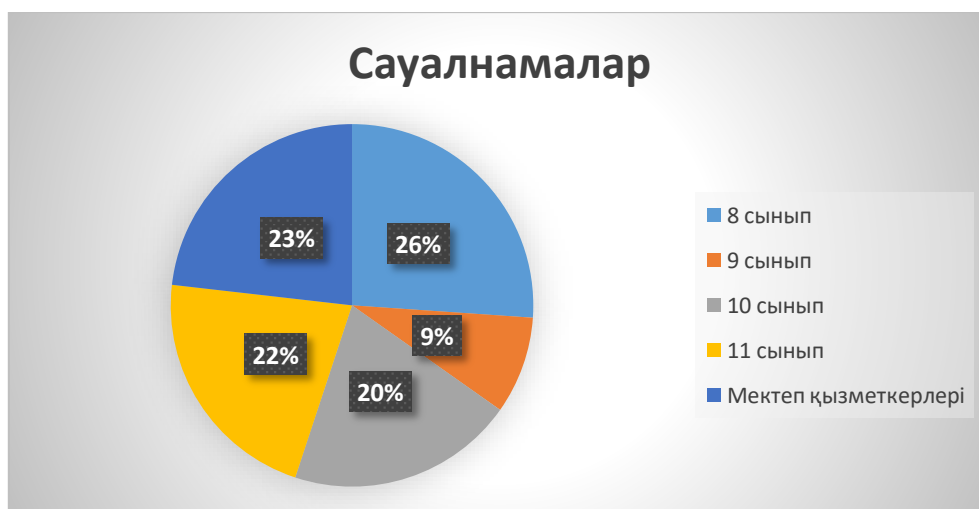
тұрғылықты аумақтың радиоактивті ластану қаупі жағдайында халықтың өзі қолдануы тиіс қорғаныс шаралары туралы халықтың білімін талдау өзекті болып көрінеді.

Белгілі бір қорғаныс шараларын қолданудың анықтаушы факторы қауіптің шынайылығы мен дәрежесін және оның одан әрі дамуын бағалайтын мамандардың ұсыныстары болатыны сөзсіз. Белгілі бір уақытты қажет ететін жағдайды толыққанды кәсіби талдау ғана аумақтарды басқару бойынша дұрыс ұсыныстар беруге мүмкіндік береді. Аймақтардың әкімшілігі өз кезегінде бұл ұсыныстарды халыққа жедел жеткізуге міндетті.

Халық мұндай оқиғалар туралы шынайы ақпаратты дер кезінде және қажет болған жағдайда құзырлы дереккөздерден қорғау тәртібі туралы кеңес алуы қажет.

Оқушылар мен мектеп қызметкерлерінің радиация туралы білім деңгейін анықтау мақсатында сауалнама түрінде сауалнама жүргізілді. Сауалнама 12 қарапайым сұрақтан тұрды.

Сауалнамадағы бірінші сұрақ сұралатын тұлғаны - оқушыны немесе мектеп ұжымын түсіндіруге бағытталған. Жиналған сауалнамалардың жалпы саны – 69. Оның ішінде 18 сауалнама 8-сынып оқушыларынан, 6-ы 9-сынып оқушыларынан, 14-і 10-сынып оқушыларынан, 15-і 11-сынып оқушыларынан және 16 сауалнама білім беру мекемесінің қызметкерлерінен алынды (24 сурет).



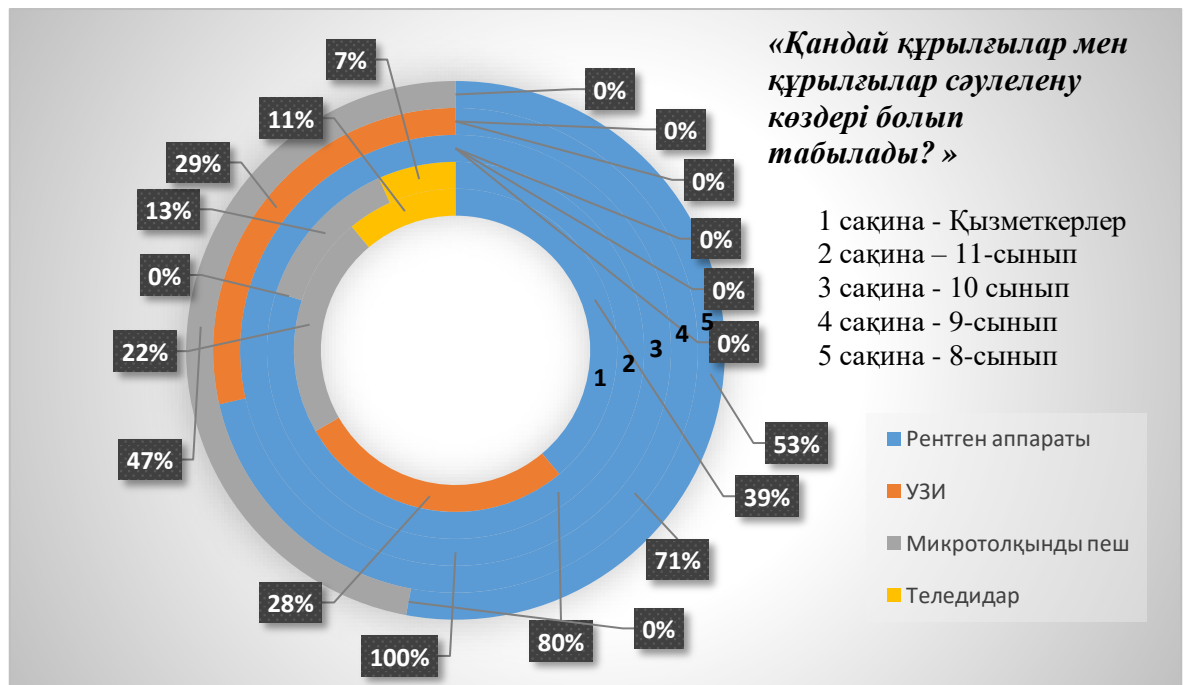
24 сурет – Респонденттердің пайыздық үлесі

Екінші сұрақ респонденттердің қанша пайызы «радиация» терминімен таныс екенін анықтауға бағытталды. Өңделген деректерге сәйкес, 68 респондент «Иә» нұсқасын таңдағанын және 10-сыныптан тек 1 оқушы «Жоқ» нұсқасын таңдағанын атап өтуге болады (25 сурет).



25 сурет – Сауалнаманың 2 сұрағына берілген жауаптардың пайыздық үлесі

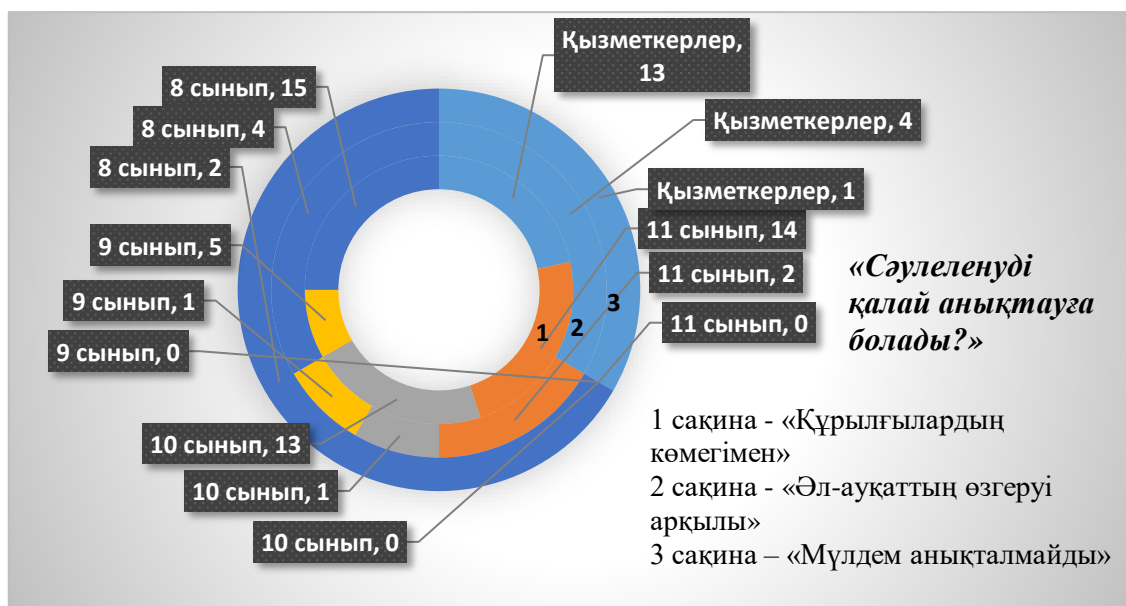
Сауалнаманың үшінші сұрағы респонденттердің пікірі бойынша қандай құрылғылар сәулелену көзі болып табылатынын анықтауға көмектесті. Сұрақ 4 жауап нұсқасынан тұрды: «Рентген аппараты» – 54 адам таңдады; «Ультрадыбыстық талдау» – 12 адам таңдады; «Микротолқынды пеш» - 18 адам таңдаған; «Теледидар» – 5 адам таңдады (26 сурет).



26 сурет – 3-сұраққа берілген жауаптардың пайыздық үлесі

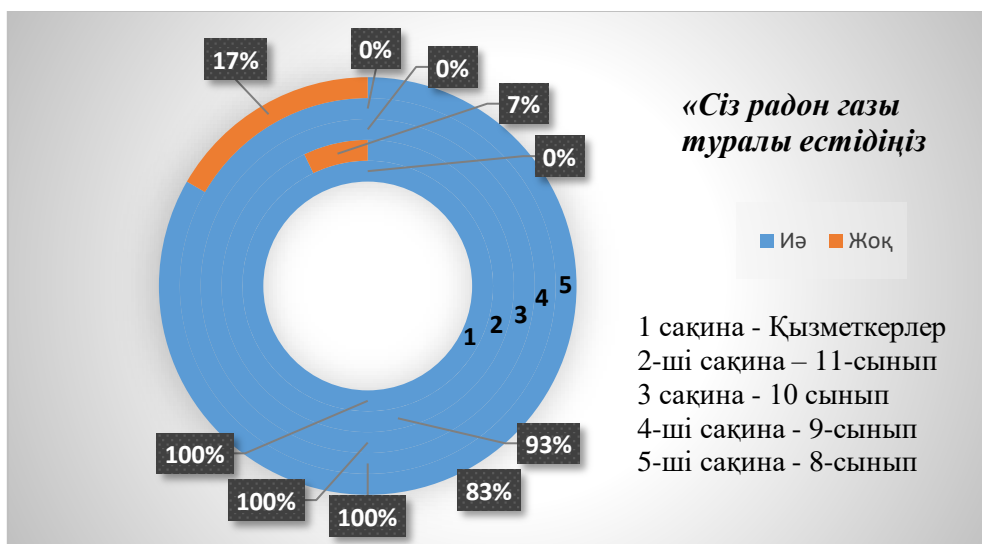
Төртінші блоктың сұрағы респонденттердің радиацияның болуын анықтаудың қандай әдістерін қолдануға болатынын білуіне қатысты болды. Бұл сұрақ 3 жауап нұсқасынан тұрды: «Құрылғылардың көмегімен» - 60 адам

таңдады; «Әл-ауқаттың өзгеруі арқылы» – 12 адам таңдады; «Мүлдем анықтау мүмкін емес» - 2 адам таңдады (27 сурет).



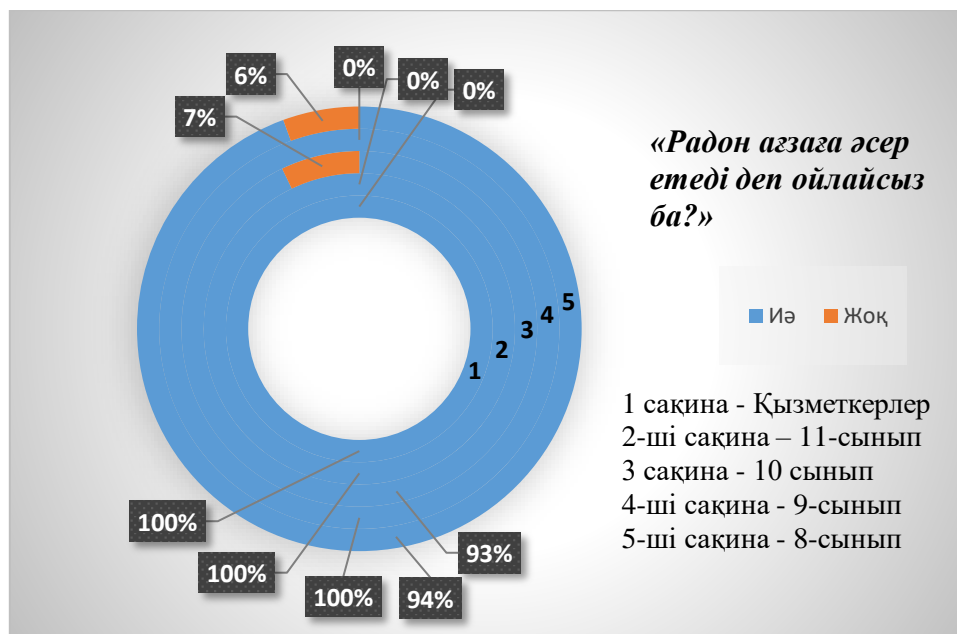
27 сурет – 4-сұраққа жауаптардың сандық қатынасы

Сауалнаманың бесінші сұрағы радон газы туралы білетін респонденттердің санын анықтауға көмектесті. Осы мәселе бойынша өңделген деректер негізінде 64 респондент радон туралы біледі және 4 адам бұл газ туралы естімеген екені анықталды (28 сурет).



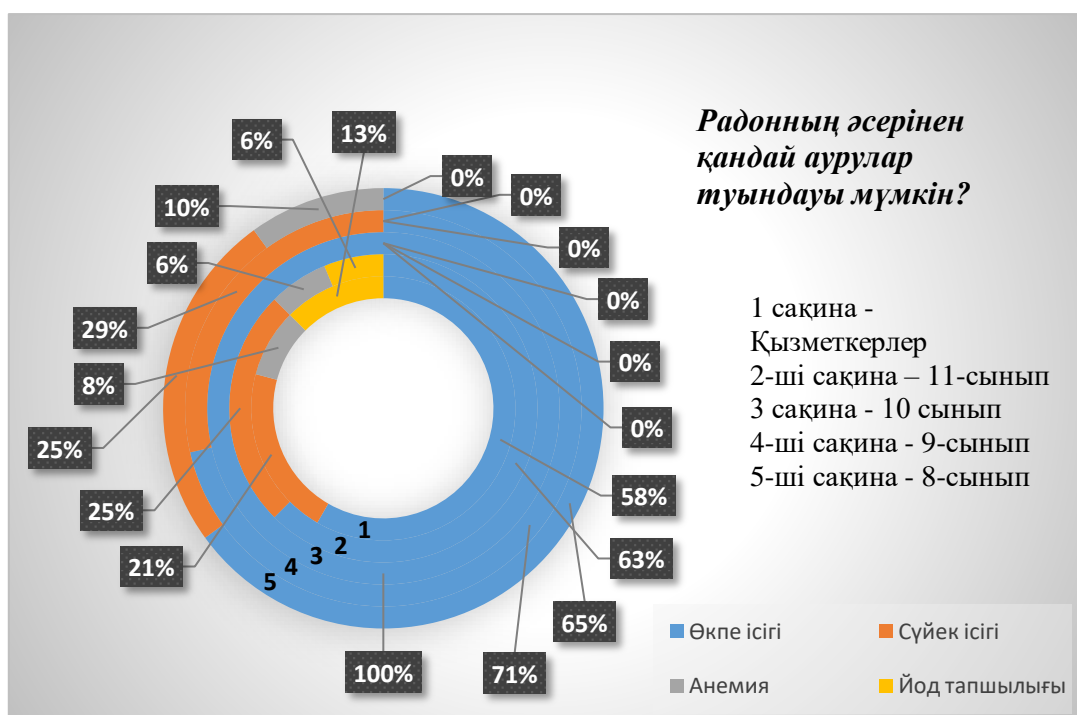
28 сурет – 5-сұраққа берілген жауаптардың пайыздық үлесі

Сауалнаманың 6-шы сұрағына берілген жауаптар бойынша радонның адам ағзасына әсер ететініне қанша адам сенетіні анықталды. 69 респонденттің 65-і «Иә» нұсқасын таңдаса, қалған 4 адам «Жоқ» нұсқасын таңдады (29 сурет).



29 сурет – 6-сұраққа берілген жауаптардың пайыздық үлесі

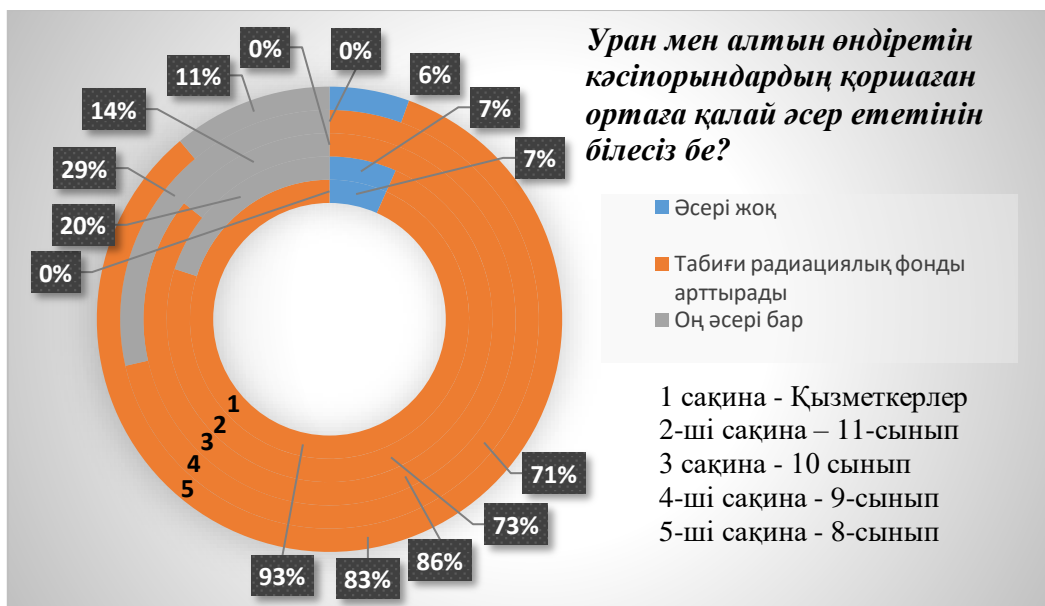
Сауалнамадағы №7 сұрақ респонденттердің радон әсерінен күтілетін аурулар туралы пікірін білуге арналған. Сұрақ 4 жауап нұсқасынан тұрды: «Өкпе ісігі» – бұл нұсқаны 56 респондент таңдады; «Сүйек ісігі» – 16 респондент таңдады; «Анемия» - 5 адам таңдады; «Йод тапшылығы» – 4 респондент таңдады (30 сурет).



30 сурет – Сауалнаманың 7-ші сұрағына берілген жауаптардың пайызы

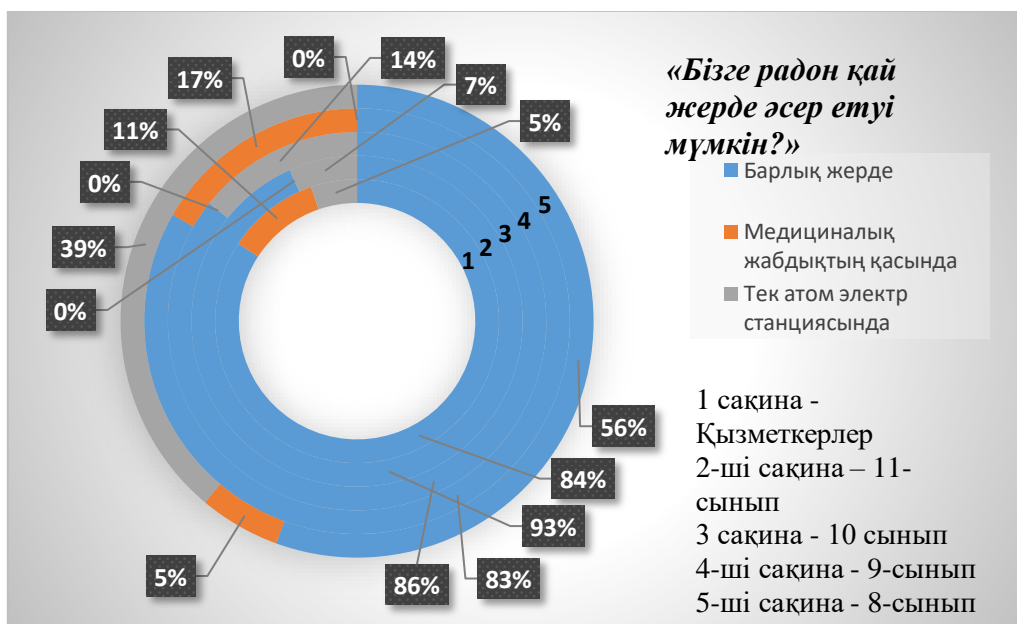
Сауалнамадағы 8-ші сұрақтың арқасында уран өндіруші және алтын өндіруші кәсіпорындардың қоршаған ортаға тигізетін әсері туралы респонденттердің қанша пайызы хабардар екені анықталды. Сұрақ 3 жауап

нұсқасын қамтыды: «Әсері жоқ» - 3 респондент таңдады; «Табиғи радиациялық фонды арттырады» - 57 адам таңдады; «Олардың оң әсері бар» - 9 респондент таңдады (31 сурет).



31 сурет – 8 сұраққа жауаптардың пайызы

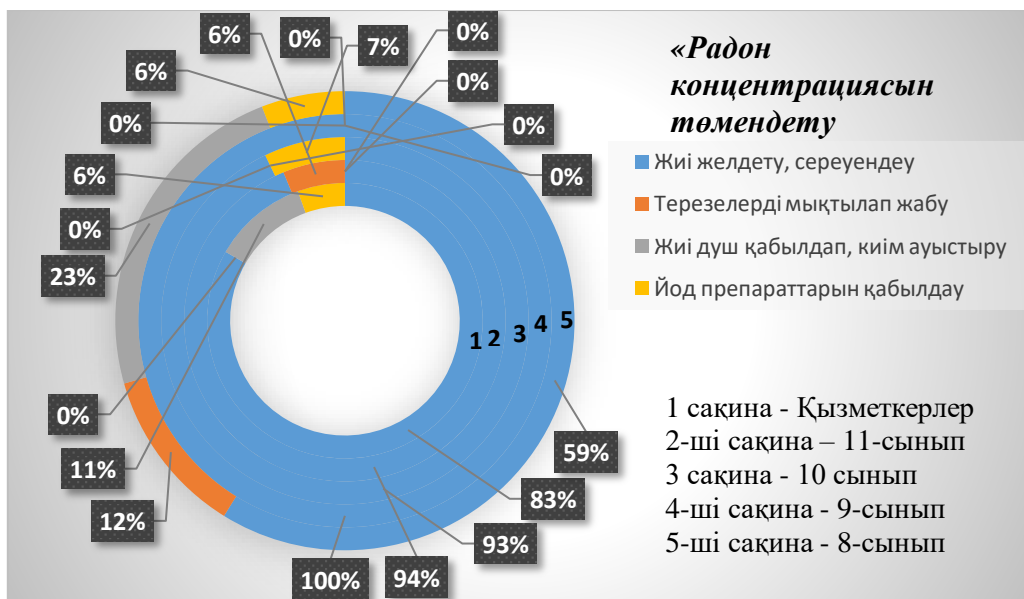
9-сұрақ респонденттердің радонның қай жерде болуы мүмкін екенін білуге бағытталған. Бұл сұрақ 3 жауап нұсқасынан тұрды: «Барлық жерде» - бұл нұсқаны 57 адам таңдады; «Медициналық жабдықтың қасында» - 4 адам таңдады; «Тек атом электр станциясында» - 11 адам таңдады (32 сурет).



32 сурет – Сауалнаманың 9-шы сұрағына берілген жауаптардың пайызы

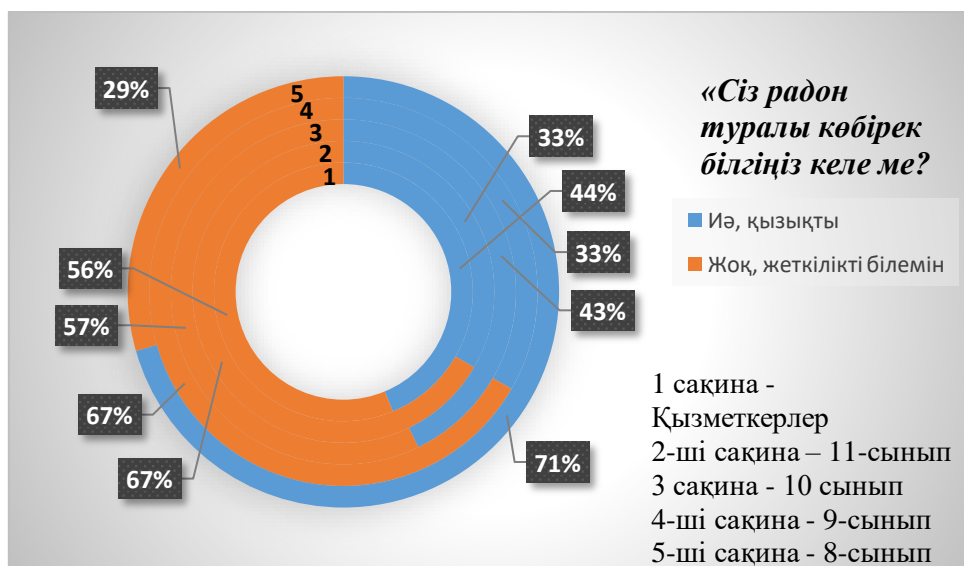
Сауалнаманың келесі сұрағы респонденттердің пікірін білуге көмектесті, қандай әрекеттер радон концентрациясын төмендетуге көмектеседі. Бұл сұраққа 4 ықтимал жауап болды: «Бөлмені жиі желдетіп тұру, жиі серуендеу» - бұл

жауапты 59 қатысушы таңдады; «Ғимараттардағы терезелерді мықтап жабу» - 3 адам таңдады; «Жиірек душ қабылдап және киім ауыстыру» - 6 адам таңдады; «Йод препараттарын қабылдау» - жауапты 3 адам таңдады (33 сурет).



33 сурет – Сауалнаманың 10-шы сұрағына берілген жауаптардың пайызы

Сауалнаманың 11-сұрағы респонденттердің радон туралы қызығушылығына бағытталған. Сұрақ 2 жауап нұсқасынан тұрды: «Иә, қызықты» - 32 қатысушы нұсқаны таңдады; «Жоқ, мен жеткілікті білемін» - бұл жауапты 36 респондент таңдады (34 сурет).



34 сурет – Сауалнаманың 11 сұрағына берілген жауаптардың пайызы

Сауалнаманың соңғы сұрағы қанша респонденттің радиация әсерінен қорқатынын көрсетті. Сұрақ 2 жауап нұсқасынан тұрды: «Иә» – 29 респондент таңдады; «Жоқ» – 34 адам таңдады (35 сурет).



35 сурет – 12 сұраққа жауаптардың пайызы

Сауалнама нәтижелерін талдау негізінде келесі қорытындыларды жасауға болады:

- Респонденттердің барлығы дерлік «радиация» терминімен таныс;
- Сәулелену көздеріне қатысты сауалнамаға берілген жауаптарды талдау қатысушылардың ең көп саны (54) сәулеленудің ықтимал көзі ретінде рентген аппаратын көрсеткенін көрсетті. Бірнеше адам (12) ультрадыбысты атады, ал кейбір қатысушылар радиацияның ықтимал көздері ретінде микротолқынды пешті (18) және теледидарды (5) атады;
- Қатысушылардың көпшілігі (60) радиацияны арнайы құралдардың көмегімен анықтауға болатынын көрсетті. Алайда 12 қатысушы радиацияны әлауқатын өзгерту арқылы анықтау мүмкіндігін айтса, 2 адам радиацияны мүлде анықтау мүмкін емес деген пікір білдірді;
- Сауалнама нәтижелеріне сүйене отырып, қатысушылардың көпшілігі (64) радон газы туралы естіген, ал тек 4 адам теріс жауап берді деп қорытынды жасауға болады. Сонымен қатар, көпшілік (65) радон ағзаға әсер етеді деп есептесе, тек 4 адам қарсы пікір білдірді. Бұл нәтижелер радонмен байланысты мәселелер туралы халықтың хабардарлығы біртіндеп артып келе жатқанын көрсетеді, бірақ әлі де одан әрі дамытуды қажет етеді;
- Көпшілігі (56) өкпе ісігі радонның әсерінен туындауы мүмкін деп санайды. Бұл ретте сүйек ісігі, анемия және йод тапшылығы туралы жауаптар аз дауыс жинады (тиісінше 16, 5 және 4). Бұл нәтижелер радонның денсаулыққа, әсіресе өкпеге зияны туралы ақпаратты таратудың маңыздылығын және радон әсерінің басқа ықтимал әсерлері туралы көбірек білім қажет екенін көрсетеді;
- Көпшілігі уран өндіру және алтын өндіру кәсіпорындары қоршаған ортаға, әсіресе табиғи радиацияның артуына байланысты әсер ететінін түсінеді. Дегенмен, бұл кәсіпорындар қоршаған ортаға оң әсер етеді деп есептейтін респонденттердің шағын тобы бар;

- Біз радонмен қай жерде әсер етуіміз мүмкін деген сауалнамаға алынған жауаптарға сүйене отырып, радонның болуы барлық жерде кездесетін кең таралған құбылыс деп қорытынды жасауға болады;

- Радон концентрациясын төмендету нұсқалары туралы сұраққа жауаптардан респонденттердің көпшілігі бөлмені жиі желдету және таза ауада жиі серуендеу сияқты әдістерді тиімді деп санайтыны шығады;

- Сауалнамаға сүйене отырып, респонденттердің көпшілігі (32) радон туралы қосымша ақпаратқа қызығушылық танытады, ал жартысы (36) бұл тақырып бойынша жеткілікті білімі бар деген қорытынды жасауға болады. Респонденттердің 29-ы радиациядан қорқатындықтарын айтты, бірақ қорқынышының нақты себебін көрсетпеді, ал 34 респондент радиациядан қорықпайды.

Бұл зерттеудің нәтижелері радон және оның денсаулыққа әсері туралы халықтың хабардарлығы жеткіліксіз екенін көрсетеді. Атап айтқанда, респонденттердің көпшілігі радон туралы қосымша ақпаратқа қызығушылық танытады. Дегенмен, респонденттердің шектеулі саны радон әсерінің басқа да ықтимал салдары туралы, мысалы, ауруды тудыратын радиацияның артуы туралы біледі. Сонымен қатар, уран мен алтын өндіретін кәсіпорындар табиғи радиациялық фонды жоғарылату арқылы қоршаған ортаға кері әсерін тигізетінін көпшілік түсіне бермейді. Бұл мәселені шешу үшін мектеп оқушыларының және халықтың радиациялық қауіпсіздік бойынша білімін арттыру шараларын жүргізу керек.

3.4 ОҚУШЫЛАР МЕН МҰҒАЛІМДЕР ҮШІН ДОЗАЛЫҚ ӘСЕРДІ АЗАЙТУ БОЙЫНША ҰСЫНЫСТАР

Тұрғын үй-жайларда, балалар мекемелерінде және жұмыс орындарында радон концентрациясын бақылау бүкіл әлемде өте маңызды мәселе болып табылады. ICRP басылымы іс-әрекет тұрғысынан қоғамдық қолжетімділік бар барлық ғимараттарға, әсіресе, мектептер, балабақшалар, ауруханалар сияқты тұрғындар ұзақ уақыт тұратын ғимараттарға назар аударуды ұсынады [20].

Дененің радиацияға төзімділігінің төмендеуіне байланысты балалар тәуекелге ұшырайды, ал балалар үйде көбірек уақыт өткізеді. Балалардағы радон әсерінің нәтижесінде өкпенің қатерлі ісігінің даму қаупі балалар мен ересектердің өкпелері арасындағы морфометриялық айырмашылықтарға байланысты радон концентрациясы бірдей мөлшердегі ересектерге қарағанда үш есеге дейін жоғары болуы мүмкін. ересектермен салыстырғанда балалардағы тыныс алу жиілігі жоғары [55].

Сондықтан мектеп бөлмелерінде радонның концентрациясын төмендету өзекті мәселе болып табылады.

Радиоактивті қалдықтар қоймасына жақын жерде радон қауіпсіздігін бағалау бойынша жүргізілген магистрлік диссертация негізінде төмендегідей радонның деңгейін төмендету бойынша келесі шаралар ұсынылады:

- 1) Радон қауіпсіздігі жөніндегі білім беру бағдарламалары: жергілікті тұрғындар арасында таратылатын радон қауіпсіздігі бойынша ақпараттық және

білім беру бағдарламаларын әзірлеу және енгізу қажет. Бұл бағдарламалар радонның негізгі аспектілерін, оның ықтимал қауіптерін және одан қорғану әдістерін қамтуы керек. Радон туралы ақпаратты тарату адамдардың хабардарлығын арттыруға және тиісті сақтық шараларын қабылдауға мүмкіндік береді.

2) Желдетуді арттыру: радиоактивті қалдықтар қоймасының жанындағы ғимараттар мен үй-жайларда жақсы желдетуді қамтамасыз ету ұсынылады. Бұған тиісті желдету жүйелерін орнату, бөлмелерді үнемі желдету және қалыпты ауа айналымына кедергі келтіретін кедергілерді жою арқылы қол жеткізуге болады. Желдету ғимараттардың ішіндегі радон концентрациясын төмендетуге және оның адам денсаулығына әсер ету қаупін азайтуға көмектеседі [80].

3) Жертөлелер мен іргетастардағы жарықтарды гермитизациялау: радиоактивті қалдықтар қоймасына жақын орналасқан ғимараттардың жертөлелері мен іргетастарын мұқият тексеріп, барлық табылған жарықтарды гермитизациялау ұсынылады. Бұл радонның топырақ пен топырақтан ғимараттарға енуіне жол бермейді. Жарықтар мен жарықтарды гермитизациялау арнайы тығыздағыштардың көмегімен жүзеге асырылуы мүмкін, бұл радонның енуін едәуір азайтады және ғимараттар ішінде радонның қауіпсіздігін қамтамасыз етеді [82].

4) Радон концентрациясының мониторингі: радон концентрациясының радиоактивті қалдықтар қоймасына жақын жерде жүйелі мониторингін жүргізу ұсынылады. Бұл радон деңгейінің өзгеру динамикасын бағалауға және ықтимал проблемалық аймақтарды анықтауға мүмкіндік береді. Мониторинг нәтижелері радон қауіпсіздігі және оның шоғырлануын бақылау бойынша одан әрі шаралар қабылдау үшін пайдалы болады.

5) Радон қауіпсіздігін бағалау мақсатында Қазақстан мектептеріндегі радон концентрациясын бақылаудың ұлттық бағдарламасын іске асыру. Қазақстандағы білім беру ұйымдарындағы радон концентрациясының деңгейін көрсететін картаны әзірлеу және құрастыру және қосымша қауіпсіздік шараларын қабылдау үшін басым учаскелерді анықтау ұсынылады.

Тұтастай алғанда, осы бес тәжірибелік ұсыныстың үйлесімі аймақтағы радон қауіпсіздігін жақсартуға және радиоактивті қалдықтар қоймасына жақын бөлмелердегі радон концентрациясын төмендетуге ықпал етеді.

ТҰЖЫРЫМ

Радон халықтың табиғи сәулеленуден алынатын жылдық дозалық жүктеменің 50% құрайтын негізгі көзі болып табылады [1]. Радонның халық денсаулығына, соның ішінде балалардың денсаулығына әсері өзекті мәселелердің бірі болып табылады. Соңғы жылдары еуроппа елдерінде мектеп ғимараттарындағы радонның концентрациясын ұлттық деңгейде мониторингтік зерттеу және радонның әсерінен келетін дозалық жүктемені төмендету шаралары қолға алынған [48, 52]. Америкка құрама штаттарының мектептерінде жыл сайынғы радон мониторингтік зерттеулермен қоса, оқушылар мен ұстаздар арасында радонның қауіптілігі, оны төмендету бойынша шараларды жүзеге асыру жөнінде арнайы тематикалық оқытулар мемлекеттік деңгейде бекітілген [50, 52]. Аталған зерттеу жұмыстары радонның адам денсаулығына соның ішінде өсіп келе жатқан организмге кері әсерінің жоғары екені дәлелденіп, радонды тұрақты түрде өлшеу жұмыстары мен радонмен тыныс алу есебінен болатын дозалық жүктемені төмендету шараларын ұйымдастыру өзекті мәселе болып табылады.

Ақсу орта мектебінің аумағында жүргізілген жаяу жүргіншілер гамма-суретінің нәтижелері бойынша ГС АЭДҚ тіркелген максималды мәні (0,30 мкЗв/сағ) берілген аумақ үшін фондық мәннен 1,8 есе асып түсетіні анықталды. Мектептің 1-қабаттында гамма-сәулеленудің АДЭҚ максималды мәні шағын орталықтың ойын бөлмесінде тіркелді (0,40 мкЗв/сағ), бұл осы аймақ үшін фондық мәннен 2,5 есе жоғары. Мектептің жертөлесінде ең төменгі ГС АДЭҚ 0,28 мкЗв/сағ құрады, бұл осы аймақ үшін гамма-фоннан 1,8 есе жоғары, ал максимум 0,35 мкЗв/сағ болды, бұл фондық мәннен 2,2 есе асып түсті.

Жалпы білім беру мектебінің аумағындағы және сыныптарындағы радонның деңгейін бақылау үшін кешенді мониторинг жүргізілді. Бұл өлшеу жұмыстары 2021 жылдың қазан айынан 2023 жылдың мамыр айына дейін жүргізілді. Өлшеу жұмыстары жүргізілген барлық уақыт аралығында тіркелген радон концентрациясының максималды көрсеткіші 9634 Бк/м^3 құрады, бұл көрсеткіш шекті рұқсат етілген деңгейден 48 есе жоғары. Оқу мекемесіндегі радон деңгейінің төмендеуі метеорологиялық факторларға қатты тәуелді екенін белгілеп өту керек.

Оқушылар мен мұғалімдер, шағын орталықтың балалары мен қызметкерлері үшін радон және оның еншілес ыдырау өнімдерін ингаляциялаудан кейінгі дозалық жүктемелері БҰҰ АРҒК ұсынысы бойынша және ҚР заңнамасындағы стандарттарының әдістемелік нұсқаулары бойынша 2 жолмен бағаланды. БҰҰ АРҒК ұсынысы бойынша есептелген дозалық жүктеменің орташа мәндері орташа әлемдік мәннен 1-4 сынып оқушылары үшін 3,4 есе, 5-8 сынып оқушылары үшін 4,4 есе, 9-11 сынып оқушылары үшін 5 есе және Ақсу ауылының мектеп мұғалімдері үшін 6,4 есе; шағын орталықтың балалары үшін 4,5 есе және шағын орталықтың қызметкерлері үшін 6 есе жоғары екені анықталды. БҰҰ АРҒК ұсынысы бойынша есептелген радонның техногенді компоненттерінен түсетін дозалық жүктеменің орташа мәндері

әлемдік мәннен 1-4 сынып оқушылары үшін 3 есе, 5-8 сынып оқушылары үшін 4 есе, 9-11 сынып оқушылары үшін 4,6 есе және Ақсу ауылының мектеп мұғалімдері үшін 5,9 есе; шағын орталықтың балалары үшін 4 есе және шағын орталықтың қызметкерлері үшін 5,2 есе жоғары екені анықталды.

ҚР заңнамасындағы стандарттарының әдістемелік нұсқаулары бойынша есептелген дозалық жүктеменің орташа мәндері радонның ыдырау өнімдерін ингаляциялаудан алынған тиімді дозаның әлемдік орташа мәнінен 5-8 сынып оқушылары үшін 1,7 есе; 9-11 сынып оқушыларына 4,9 есе; білім беру мекемесінің мұғалімдеріне 6,9 есе; шағын орталық қызметкерлері үшін алынған мән 6,5 есе асып түсті.

Оқушылар мен мектеп қызметкерлері арасында радиация жайлы білім деңгейін анықтау барысында сауалнама жүргізілді. Сауалнама жауаптары бойынша респонденттердің барлығы дерлік радиация ұғымымен таныс, бірақ радиацияның ағзаға әсері, сәулеленудің ықтимал көздері, радон газы жайлы, уран өндіру және алтын өндіру кәсіпорындары қоршаған ортаға қандай әсері бар екенін, радон адамға қайда және қалай әсер ететіні жөніндегі білімінің жеткіліксіздігі анықталды.

Біздің жүргізілген зерттеулеріміздің нәтижелері негізінде Қазақстанда мектептердегі радон қауіпсіздігі мәселесіне жеткілікті көңіл бөлінбейтіні, сондай-ақ радон концентрациясын бақылауға бағытталған тұрақты мониторинг жүйесі жоқ екені анық. Бұл мектепте көп уақыт өткізетін оқушылар мен қызметкерлердің денсаулығына қауіп төндіру ықтималдылығын арттырады. Осыған байланысты, радонқауіпсіздікті бақылау мақсатында Қазақстанның барлық мектептерінде Мемлекеттік деңгейде радондық картография жасай отырып зерттеу жүргізу өте маңызды.

Мұндай зерттеудің нәтижелері мектеп бөлмелеріндегі радон концентрациясының қазіргі жағдайы туралы толық ақпарат алуға және ықтимал қауіпті аймақтарды анықтауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, осы деректерге сүйене отырып, мектептерде радон қаупін азайтудың тиімді стратегияларын әрі қарай зерттеуге және әзірлеуге негіз болатын радон картографиясын жасауға болады. Мұндай кешенді тәсіл оқушылар мен персоналдың қауіпсіздігін қамтамасыз етіп қана қоймай, Қазақстанның мектептері мен оқу орындарында радонқауіпсіздігі бағдарламаның негізін қалыптастыруға мүмкіндік береді.

Радиоактивті қалдықтар қоймасына жақын жердегі радон қауіпсіздігін бағалау халықтың денсаулығы мен қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін өте маңызды. Ұсынылған ұсыныстар мен қосымша зерттеулер оқушылар мен мұғалімдердің денсаулығына әсер ететін қауіп деңгейін азайту және қоршаған ортаны радонның әсерінен қорғау шараларын ұйымдастыруға септігін тигізе отырып, радиациялық қолайсыз аймақтарда радон қауіпсіздігін қамтамасыз етуге бағытталған стратегияларды әзірлеуге негіз бола алады.

ҚОРЫТЫНДЫ

1. Ақсу орта мектебінің аумағында жүргізілген жаяу жүргіншілер гамма-суретінің нәтижелері бойынша ГС АДЭҚ берілген аумақ үшін фондық мәннен 1,8 есе жоғары екендігі анықталды. Шағын орталықта тіркелген гамма-сәулеленудің АДЭҚ максималды мәні осы аймақ үшін фондық мәннен 2,5 есе жоғары.

2. Топырақ үлгілеріндегі табиғи радионуклидтерінің меншікті белсенділігі республикалық орташа мәндерден аспады;

3. Ақсу ауылының мектеп кабинеттеріндегі радон изотоптарының эквивалентті тепе-тең көлемдік белсенділігі шекті рұқсат етілген деңгейден 47 есеге дейін асады. Табиғи желдету барысында радон изотоптарының эквивалентті тепе-тең көлемдік белсенділігі шекті рұқсат етілген деңгейден төмендейтіні анықталды.

4. БҰҰ АРӨҒК ұсынысы бойынша есептелген дозалық жүктеменің орташа мәндері орташа әлемдік мәннен 1-4 сынып оқушылары үшін 3,4 есе, 5-8 сынып оқушылары үшін 4,4 есе, 9-11 сынып оқушылары үшін 5 есе және Ақсу ауылының мектеп мұғалімдері үшін 6,4 есе; шағын орталықтың балалары үшін 4,5 есе және шағын орталықтың қызметкерлері үшін 6 есе жоғары.

5. Оқытушылар мен оқушылар, шағын орталықтың балалары мен қызметкерлері үшін радон қауіпсіздігі шаралары бойынша практикалық ұсыныстар әзірленді. Мектеп әкімшілігі аталған ұсынысқа сәйкес сабақ арасында мекетеп ғимаратын желдету бойынша кестесін бекітті.

ТӘЖІРИБЕЛІК ҰСЫНЫСТАР

1) Жүргізілген зерттеу жұмыстарының нәтижелері Санитарлық эпидемиологиялық бақылау комитетінің мамандары және халықтың радиациялық қауіпсіздігін бағалау бойынша зерттеу жұмыстарын жүргізуші мамандар пайдалана алады;

2) Радиациялық қолайсыз елді мекендердегі мектеп әкімшіліктері мен жергілікті органдар радиациядың қорғану және радонның концентрациясын төмендету шараларын жүргізуге пайдалана алады;

3) Зерттеу нәтижелері жоғары оқу орындарында қоғамдық денсаулық сақтау мамандығы студенттеріне радиациялық қауіпсіздік тақырыбы бойынша электив пәндер мен біліктілікті арттыру курстарын өткізуде практикалық сабақ және дәріс оқу барысында пайдалануға болады;

4) Диссертациялық зерттеу радон қауіпсіздігіне және оның адам денсаулығына әсеріне қызығушылық танытатын ғылыми зерттеушілер мен академиялық қауымдастық үшін пайдалы болуы мүмкін. Диссертациялық жұмыстың нәтижелері мен қорытындылары осы саладағы әрі қарай зерттеулерге және Ұлттық радон қауіпсіздігі бойынша ғылыми жұмыстарға негіз болады.

ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. Ибраева Д.С., Бахтин М.М. Determination of radon levels in dwellings and social objects and evaluation annual effective dose from inhalation of radon in Stepnogorsk area Northern Kazakhstan. – Eurasian Journal of Physics and Functional Materials 2020, 4(4), 343-349 с.
2. Ильбекова К.Б., Казымбет П.К. Мониторинг риска и распространенность артериальной гипертензии в когорте людей, проживающих в зоне влияния хранилищ радиоактивных отходов. – Science & Healthcare, 2020. (Vol. 22) 5, 109-115 с.
3. Дюсенбаева Н.К., Шпаков А.Е. Состояние здоровья населения радиоактивнозагрязненных территорий. – Occupational health and medical ecology. 2016. №4 (53), 8-9 с.
4. Қазақстан Республикасының радиоактивті қалдықтарды көму тұжырымдамасы // Алматы – 1993 ж.
5. Радиация. Дозы, эффекты, риск ; пер с англ. Ю.А. Банникова. – М. : Мир, 1990. – 79 с.
6. Риск возникновения рака легкого при облучении радоном и продуктами его распада. Заявление по радону / под ред. М.В. Жуковского, С.М. Киселева, А.Т. Губина ; перевод публикации № 115 МКРЗ. – М. : ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2013. – 92 с.
7. Кужир П.Г. Радон и дочерние продукты распада в атмосферном воздухе. – БНТУ, 2016.
8. Chen, J., Moir, D., Pronk, T. An update on thoron exposure in Canada with simultaneous ²²²Rn and ²²⁰Rn measurements in Fredericton and Halifax. Radiat. Prot. Dosim. 2011. No. 147(4). Pp. 541 – 547.
9. Ижевский, П.В. Канцерогенная опасность радона // Информ. Бюллетень «Первичная профилактика рака», 2006. – № 2 (4). С. 1-4.
10. UNSCEAR, 1982: Sources and Effects of Ionizing Radiation. Report to the General Assembly with Annexes. New York, 1982. 115 p.
11. Калайдо Александр Витальевич. Модельное исследование процесса переноса радона в системе сред «грунт-атмосфера-здание». – М.: 2016.
12. Кудряшов Ю.Б., Беренфельд Б.С. Основы радиационной биофизики: Учебник. -М.: Изд-во Моск. ун-та, 1982.- 304с.
13. Семченко М.И. Оценка радиационной опасности среды помещений от радонового облучения на примере г. Владимира // Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук. – Г. Владимир, 2018.
14. Демин В.Ф., Жуковский М.В., Киселев С.М. Методика оценки риска от воздействия на здоровье человека радона и дочерних продуктов его распада. Гигиена и санитария. – 2014. – Т. 93, № 5. – С. 64–69.
15. ICRP, 2010. Lung Cancer Risk from Radon and Progeny and Statement on Radon. ICRP Publication 115. Ann. ICRP 40(1).
16. Жуковский, М.В. Радон: история и современность // Вестник УрО РАН. – 2010. – № 1(31). – С. 27-38.

17. Rafique, M., Rahman, S.U., Rahman, S., et. Al. Assessment of indoor radon doses received by the students in the Azad Kashmir schools, Pakistan. *Radiat. Prot. Dosim.* 2010. No. 142(2-4). Pp. 339 – 346.
18. М.В. Жуковский [и др.]. *Радоновая безопасность зданий.* – Екатеринбург: УрО РАН, 2000. – 113 с.
19. Об утверждении Санитарных правил "Санитарно-эпидемиологические требования к обеспечению радиационной безопасности" утвержденного постановлением Правительства Республики Казахстан от 17 февраля 2017 года № 71.
20. ICRP, 2014. Radiological protection against radon exposure. ICRP Publication 126. *Ann. ICRP* 43(3).
21. UNSCEAR, 2009. UNSCEAR, 2006 Report. Annex E. Sources-to Effects Assessment for Radon in Homes and Workplaces. United Nations, New York.
22. Heid I.M. On the potential of measurement error to induce differential bias on odds ratio estimates: an example from radon epidemiology / I. M. Heid, H. Kuchenhoff, J. Wellmann et al. // *Statist. Med.* –2002. –Vol. 21. – P.3261–3278.
23. Kozak K. [et al.]. 2011. Correction factors for determination of annual average radon concentration in dwellings of Poland resulting from seasonal variability of indoor radon. *Applied Radiation and Isotopes* 69 (10), 1459–1465.
24. Васильев А.В. Характер и периодичность изменения объемной активности радона в помещении // *АНРИ.* – 2015. – № 2 (81). – С. 42–47.
25. Сахаров В.К. *Радиоэкология: Учебное пособие.* -СПб.: Издательство «Лань», 2006.-320 с.
26. Котеров А.Н. Малые дозы радиации: факты и мифы. Книга первая. Основные понятия и нестабильность генома / А.Н. Котеров. – М.: Изд-во «ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России», 2010 – 283 с.
27. Вечканов Е.М., Внуков В. В. *Основы радиационной биофизики. Учебное пособие.* - Ростов-на-Дону, 2009. - 50 с.
28. Тихонов М.Н. К вопросу о влиянии малых доз ионизирующей радиации на здоровье человека. *АНРИ №1(60) 2010, с.2-16.*
29. *Indoor air quality research: Report on a WHO meeting, 27-31 August 1984, Stockholm.* – Copenhagen: World Health Organization, 1986.
30. *Ionizing Radiation, Part 2: Some Internally Deposited Radionuclides. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risk to humans, Volume 78.* – Lyon: International Agency for Research on Cancer, 2001. – 617 p. – ISBN 92-832-1278-9.
31. Ярмошенко, И.В. Мета-анализ эпидемиологических исследований риска рака легкого при облучении радоном в жилищах // *Медицинская радиология и радиационная безопасность.* – 2003. – Т. 48, № 5. – С. 33–43.
32. Риск заболевания раком легких в связи с облучением дочерними продуктами распада радона внутри помещений: Публикация 50 МКРЗ / пер. с англ. Л.В. Коломиец ; под ред. чл. МКРЗ д.ф.-м.н. проф. И.А. Лихтарева. – М.: Энергоатомиздат, 1992. – 112 с. – 250 экз. – ISBN 5-283-03120-9.

33. International Commission on Radiological Protection. Statement on Radon. ICRP Ref 00/902/09. – 2009. – 2 p. – URL: <http://www.icrp.org/docs/2009%20Porto.pdf>
34. Кононенко Д.В. разработка методики оценки радиационного риска для здоровья населения при облучении радоном и его короткоживущими дочерними продуктами распада. // Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук. – г.Санкт-Петербург, 2021.
35. Kreuzer, M. Radon and risk of extrapulmonary cancers: results of the German uranium miners' cohort study, 1960-2003 / M. Kreuzer, L. Walsh, M. Schnelzer, A. Tschense, B. Grosche // *British Journal of Cancer*. – 2008. – Vol. 99, nr 11. – P. 1946–1953.
36. Kulich, M. Incidence of non-lung solid cancers in Czech uranium miners: a case cohort study / M. Kulich, V. Reřicha, R. Reřicha, D.L. Shore, D.P. Sandler // *Environmental Research*. – 2011. – Vol. 111, nr 3. – P. 400–405.
37. Turner, M.C. Radon and nonrespiratory mortality in the American Cancer Society cohort / M.C. Turner, D. Krewski, Y. Chen, C.A. Pope III, S.M. Gapstur, M.J. Thun // *American Journal of Epidemiology*. – 2012. – Vol. 176, nr 9. – P. 808–814.
38. Reřicha, V. Incidence of leukemia, lymphoma, and multiple myeloma in Czech uranium miners: a case-cohort study / V. Reřicha, M. Kulich, R. Reřicha, D.L. Shore, D.P. Sandler // *Environmental Health Perspectives*. – 2006. – Vol. 114, nr 6. – P. 818–822.
39. Kelly-Reif, K. Mortality and cancer incidence among underground uranium miners in the Czech Republic 1977-1992 / K. Kelly-Reif, D.P. Sandler, D. Shore, M. Schubauer-Berigan, M.A. Troester, L. Nylander-French, D.B. Richardson // *Occupational and Environmental Medicine*. – 2019. – Vol. 76, nr 8. – P. 511–518.
40. Ruano-Ravina, A. Residential radon exposure and esophageal cancer. An ecological study from an area with high indoor radon concentration (Galicia, Spain) / A. Ruano-Ravina, N. Aragonés, M. Pérez-Ríos, G. López-Abente, J.M. Barros Dios // *International Journal of Radiation Biology*. – 2014. – Vol. 90, nr 4. – P. 299–305.
41. Малиновский, Г.П. Обзор данных об эффектах облучения радоном в жилищах для здоровья человека / Г.П. Малиновский // *Биосферная совместимость: человек, регион, технологии*. – 2018. – № 1 (21). – С. 23–32.
42. Evrard, A.S. Childhood leukemia incidence and exposure to indoor radon, terrestrial and cosmic gamma radiation / A.S. Evrard, D. Hémon, S. Billon, D. Laurier, E. Jouglu, M. Tirmarche, J. Clavel // *Health Physics*. – 2006. – Vol. 90, nr 6. – P. 569–579.
43. Lucie, N.P. Radon and Acute Lymphoblastic Leukaemia / N.P. Lucie // *Leukemia & Lymphoma*. – 1990. – Vol. 3, nr 3. – P. 213–216.
44. ICRP Publication 50: Lung cancer risk from indoor exposures to radon daughters. *Annals ICRP*. 1987. No. 17(1). Pp. 64 – 67.
45. Алексахин, Р.М. 60-я сессия Научного комитета ООН по действию атомной радиации / Р.М. Алексахин // *Радиационная биология. Радиозэкология*. – 2013. – Т. 53, № 6. – С. 654–656.

46. Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation. UNSCEAR 2013 Report to the General Assembly, with Scientific Annexes. Volume I: Report of the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation to the General Assembly. – New York: United Nations, 2014. – 17 p. – ISBN 978-92-1-142291- 7.
47. United States Environmental Protection Agency (USEPA). News Releases by State. Radon Action Could Save Many Lives 01/07/2009
48. Ruano-Ravina, A.; Narocki, C.; López-Jacob, M.J.; Oliver, A.G.; Calle Tierno, M.C.; Peón-González, J.; Barros-Dios, J.M. Indoor radon in Spanish workplaces. A pilot study before the introduction of the European Directive 2013/59/Euratom. *Gac. Sanit.* 2018.
49. Ireland Environmental Protection Agency. National Radon Control Strategy: Schools. 2018.
50. Kitto, M. Radon testing in schools in New York State: A 20-year summary. *J. Environ. Radioact.* 2014, 137, 213–216.
51. Azara, A.; Dettori, M.; Castiglia, P.; Piana, A.; Durando, P.; Parodi, V.; Salis, G.; Saderi, L.; Sotgiu, G. Indoor Radon Exposure in Italian Schools. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2018, 15, 749.
52. Kelsey Gordon. Radon in Schools: A Brief Review of State Laws and Regulations in the United States. // *J. Environ. Res. Public Health* 2018, 15(10), 2149.
53. Health Canada Guide for Radon Measurements in Public Buildings: Workplaces, Schools, Day Cares, Hospitals, Care Facilities, Correctional Centres. 2019.
54. Colgan, P.; Gutieérrez, J. National approaches to controlling exposure to radon. *Environ. Int.* 1996, 22 (Suppl. 1), 1083–1092.
55. Sandy Shergill. Radon in Schools: A Review of Radon Testing Efforts in Canadian Schools // *J. Environ. Res. Public Health* 2021, 18(10), 5469.
56. Nicoleta Bican-Brişan. First Steps towards a National Approach for Radon Survey in Romanian Schools // *Atmosphere* 2022, 13(1), 59.
57. Schumann, R.R.; Owen, D.E. Relationship between Geology, Equivalent Uranium Concentration, and Radon in Soil Gas; USGS open file report 88–18; U.S. Geological Survey: Fairfax Country, WV, USA, 1988; p. 28.
58. Cosma, C.; Cucos-Dinu, A.; Papp, B.; Begy, R.; Sainz, C. Soil and building material as main sources of indoor radon in Baita-Steii radon prone area (Romania). *J. Environ. Radioact.* 2013, 116, 174–179.
59. Dušica Spasić. High Indoor Radon Case Study: Influence of Meteorological Parameters and Indication of Radon Prone Area. // *Atmosphere* 2022, 13(12), 2120.
60. Ajrouche, R.; Ielsch, G.; Cléro, E.; Roudier, C.; Gay, D.; Guillevic, J.; Laurier, D.; Le Tertre, A. Quantitative Health Risk Assessment of Indoor Radon: A Systematic Review. *Radiat. Prot. Dosim.* 2017, 177, 69–77.
61. Топорова А.В. Обзор методических указаний и рекомендаций по оценке годовой эффективной дозы человека при проживании на радиоактивно загрязненной территории // *Вестник НЯЦ РК*, выпуск 2, июнь 2021, 57-69 сс.

62. Бровин К.Г., Грабовников В.А., Шумилин М.В. Прогноз, поиски, разведка и промышленная оценка месторождений урана для отработки подземным выщелачиванием. – А-Ата.: Ғылым. – 1997.
63. Абдуллаева Ж.Р. Особенности геологического строения и уранового оруденения Сырдарьинской провинции (на примере месторождений Заречное и Хорасан). // Диссертация на соискание академической степени магистра. – Алматы, 2020.
64. Урановые месторождения Казахстана (экзогенные) / Н.Н.Петров, Б.Р.Берикболов, Х.В.Аубакиров и др. - Алматы, 2008.
65. Ибраева Д.С. Радиационный риск для критических групп населения, проживающих вблизи хвостохранилища радиоактивных отходов // Диссертация на соискание степени доктора философии (PhD).
66. Постановление Правительства Республики Казахстан «Об утверждении Программы консервации уранодобывающих предприятий и ликвидации последствий разработки урановых месторождений на 2001-2010 годы»: утверждено 25 июля 2001 года №1006 // Юрист-справочная правовая система. – 2002. – С.15.
67. Предварительная оценка воздействия на окружающую среду пункта захоронения радиоактивных отходов на хвостохранилище гидromеталлургического завода ЗАО «КАЗСАБТОН» // Алматы, государственное научно-производственное объединение промышленной экологии «Казмеханобр». – 2002. – С. 25.
68. Навицкайте К.А. Мониторинг рудника Аксу как основа экологической безопасности региона. // Бакалаврская работа – г. Томск, 2016.
69. Официальный портал Акимата Акмолинской области [Электронный ресурс] – URL : <http://www.akmo.gov.kz/> (дата обращения 09.12.2015).
70. Некоторые вопросы географии и геологии Казахстана : [сборник статей / отв. ред. В. А. Соколов, А. В. Чигаркин] ; Каз. гос. ун-т им. С. М. Кирова, Геогр. фак. - Алма-Ата : [б. и.], 1972. - 243,[4] с.: ил.
71. АО ГМК Казахалтын [Электронный ресурс] – URL : <http://kazakhaltyn.kz/> (дата обращения 14.04.2016).
72. Методика измерения гамма-фона территорий и помещений, утвержденной заместителем Главного государственного санитарного врача от 6.08.1997 г.
73. International Atomic Energy Agency. Measurement of Radionuclides in Food and the Environment // Vienna: IAEA. – 1989. – P.182.
74. А.Е. Бахур, А.В. Стародубов, Т.М. Овсянникова, А.В. Гулынин, В.В. Коротков Перспективные направления развития инновационных отечественных технологий и технических средств для поисков глубокозалегающих месторождений радиоактивных руд спектрорадиометрическими и радиоизотопно геохимическими методами // Radioactivity and radioactive elements in environment proceedings of V international conference Tomsk. – 2016. – С. 351.

75. Методика измерения активности радионуклидов с использованием сцинтилляционного гамма-, бета-спектрометра с программным обеспечением «Прогресс», № KZ.07.00.00303. – 2004.

76. Паспорт №7.Б65/17 на контрольный источник гамма-излучения типа ОИСН-22-4,5 ФВКМ.301121.003. Общество с ограниченной ответственностью «Научно-производственное предприятие «Доза»». – 2017.

77. Методические указания МУ 2.6.1.2838-11 "Радиационный контроль и санитарно-эпидемиологическая оценка жилых, общественных и производственных зданий и сооружений после окончания их строительства, капитального ремонта, реконструкции по показателям радиационной безопасности". – 2011.

78. Методические указания 2.6.1.037-2015 Определение среднегодовых значений ЭРОА изотопов радона в воздухе помещений по результатам измерений разной длительности. – 2015.

79. UNSCEAR Source and Effect of Ionizing Radiation. The General Assembly with Scientific Annex; UNSCEAR, United Nations: New York, NY, USA, 2000.

80. UNSCEAR (United Nation Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation Report). Vol. II: Sources-to-Effects Assessment for Radon in Homes and Workplaces; UNSCEAR, United Nations: New York, NY, USA, 2006.

81. Об утверждении Гигиенических нормативов к физическим факторам, оказывающим воздействие на человека Приказ Министра здравоохранения Республики Казахстан от 16 февраля 2022 года № ҚР ДСМ-15. Зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан 17 февраля 2022 года № 26831.

82. Санитарные правила «Санитарно-эпидемиологические требования к обеспечению радиационной безопасности», утв. приказом и.о. Министра здравоохранения Республики Казахстан от 15 декабря 2020 года № ҚР ДСМ-275/2020.

83. Приказ Министра здравоохранения Республики Казахстан от 15 декабря 2020 года № ҚР ДСМ-275/2020.

84. Приказ Министра здравоохранения Республики Казахстан от 2 августа 2022 года № ҚР ДСМ-71 «Об утверждении гигиенических нормативов к обеспечению радиационной безопасности».



85. Grigg, J. Environmental toxins; their impact on children's health. Arch. Dis. Child. 2004, 89, 244–250.

86. Walia, V.; Su, T.C.; Fu, C.C.; Yang, T.F. Spatial variations of radon and helium concentrations in soil gas across Shan-Chaio fault, Northern Taiwan. Radiat. Meas. 2005, 40, 513–516.

87. World Health Organization. WHO Handbook on Indoor Radon: A Public Health Perspective; Zeeb, H., Shannoun, F., Eds.; World Health Organization: Geneva, Switzerland, 2009; 94p.

88. Liuba Coretchi. Children's Exposure to Radon in Schools and Kindergartens in the Republic of Moldova // Atmosphere 2023, 14(1), 11.

ҚОСЫМША А
АККРЕДИТТЕУ АТТЕСТАТЫ



ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
САУДА ЖӘНЕ ІШІТІ РАЦИОНАЛДЫқ МИНИСТРЛІГІ
ТЕХНИКАЛЫҚ РЕТТЕУ ЖӘНЕ МЕТРОЛОГИЯ КОМИТЕТІ
ҰЛТТЫҚ АККРЕДИТТЕУ ОРТАЛЫҒЫ

АККРЕДИТТЕУ АТТЕСТАТЫ
Аккредиттеу субъектілерінің тізімінде тіркелген

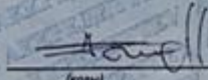
№ KZ.T.01.1431
2019 жылғы «21» маусымнан
2024 жылғы «21» маусымға дейін жарамды
2020 жылғы «9» қараша күні өзгертілген


«Астана медицина университеті»
Коммерциялық емес акционерлік қоғамының
Радиобиология және радиациялық қорғау институтының
радиохимия және радиоспектрометрия
сынақ зертханасы
Нұр-Сұлтан қаласы, Бейбітшілік көшесі, 49 А
(аккредиттеу субъектісінің атауы, ұйымдасуының қысқартылған нысаны, терминдері орны)

Қазақстан Республикасының аккредиттеу жүйесінде «Сынау және калибрлеу зертханаларының құзыреттілігіне қойылатын жалпы талаптар» ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 талаптарына сәйкес аккредиттелген.
(формальдік құжаттың атауы)

Сәйкестікті бағалаудың объектілері: аккредиттеу саласына сәйкес өнімдерді сынау.

Аккредиттеу саласы қосымшада берілген.

Аккредиттеу жөніндегі
Қазақстан Республикасының м.а.  К. Тайжанов
(қолы)

 003842

ҚОСЫМША Б

Ақсу ауылының мектебінің оқушылары мен қызметкерлерінен алынған сауалнаманың түпнұсқасы

ОПРОС: «ЧТО МЫ ЗНАЕМ О РАДИАЦИИ?»

- 1) Выберите подходящий для Вас вариант:
 - Преподаватель/Персонал
 - Ученик (Укажите класс: _____)
- 2) Вы знаете, что такое радиация?
 - Да
 - Нет
- 3) Какие приборы и устройства являются источниками радиации?
 - Рентгеновый аппарат
 - УЗИ
 - Микроволновая печь
 - Телевизор
- 4) Как можно обнаружить радиацию?
 - С помощью приборов
 - По изменению самочувствия
 - Нельзя обнаружить вообще
- 5) Слышали ли Вы о газе радон?
 - Да
 - Нет
- 6) Как Вы думаете, влияет ли радон на организм?
 - Да
 - Нет
- 7) Какие болезни могут возникнуть от воздействия радона?
 - Рак легких
 - Рак костей
 - Анемия
 - Йододефицит
- 8) Знаете ли Вы, как уранодобывающие и золотодобывающие предприятия воздействуют на окружающую среду?
 - Никак не влияют
 - Увеличивают естественный радиационный фон
 - Воздействуют положительно
- 9) Где мы можем подвергнуться воздействию радона?
 - Везде
 - Рядом с медицинскими оборудованями
 - Только на атомной электростанции
- 10) Укажите варианты по снижению концентрации радона
 - Часто проветривать помещение, частые прогулки
 - Плотнo закрывать окна в зданиях
 - Чаше принимать душ и менять одежду
 - Принимать препараты йода
- 11) Интересно ли Вам узнать о радоне больше?
 - Да, интересно
 - Нет, я знаю достаточно
- 12) Бойтесь ли Вы радиации? Укажите причину: _____

