

Received: 25 July 2021 / Accepted: 10 April 2022 / Published online: 30 April 2022

DOI 10.34689/SH.2022.24.2.021

ЭОЖ 616-006:544.54(048)

РАДИАЦИЯЛЫҚ ҚАУІПТІЛІК ЖӘНЕ ҚАТЕРЛІ ІСІК АУРУШАҢДЫҒЫ. ӘДЕБИ ШОЛУ

Құралай Б. Ілбекова¹, <https://orcid.org/0000-0001-9950-9808>

Данара С. Ибраева¹, <https://orcid.org/0000-0002-1640-1728>

Молдир Н. Аумаликова¹, <https://orcid.org/0000-0002-4242-9193>

Мейрат М. Бахтин¹, <https://orcid.org/0000-0001-6117-5101>

¹ Радиобиология және радиация қорғау институты, КеАҚ «Астана медицина университеті», Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан Республикасы.

Түйіндеме

Өзектілігі: Радиоактивті ластану қоршаған орта мен адам денсаулығына әсер ететін маңызды фактор болып табылады. Уран және оның ыдырау өнімдері адамның табиғи иондаушы сәуле көздерінің әсеріне ұшырауға әкеліп соқтырады. Радонның жоғары деңгейі, табиғи радиация көздері мен ұзақ және ірі ауқымды уран өндіру Қазақстанның солтүстік аудандарында кеңінен таралғандығы байқалады. Елдің көптеген өңірлерінде радонның жоғары деңгейі бар екеніне қарамастан радонның Қазақстан халқына әсері аз зерттелген.

Жұмыстың мақсаты: Уран және оның еншілес өнімдерінің экологиялық қолайсыз аймақтарда тұратын халыққа әсері және денсаулыққа ықтимал әсерлері туралы әдебиеттерді талдау.

Іздеу стратегиясы: Мамандандырылған Google Scholar іздеу жүйесінде, Web of Science, PubMed базасында және CyberLeninka электрондық ғылыми кітапханасында дереккөздерді іздеу жүргізілді. Іздеу тереңдігі 20 жылды құрады. Ақпараттық шолуды іздеуде келесідей түйінді сөздер қолданылды: уран, радон, қатерлі ісіктер, радиоактивтілік, халық денсаулығы (MeSH Terms: uranium, uranium contamination, human exposure, health risk, radon, cancer incidence). Әдебиеттерге шолу электронды және қол режимінде жүргізілді. *Енгізілетін критерилер:* Орыс және ағылшын тілдеріндегі мақалалар; толық мәтінді эпидемиологиялық және клиникалық зерттеулер. *Енгізілмейтін критерилер:* Анық емес тұжырымдары бар мақалалар, қайталанатын мақалалар, тезистер, ақылы қол жетімді мақалалар, газет басылымдары. Барлығы 566 дереккөз табылды, оның ішінен қорытынды талдау үшін 57 мақала таңдалды.

Нәтижесі: Барлық осы зерттеулер радонның және оның еншілес өнімдерінің сәулеленуі халықтың денсаулығына айтарлықтай қауіп төндіруі мүмкін екенін көрсетеді. Радонмен сәулелену - өкпе қатерлі ісігінің екінші себебі және ешқашан темекі шекпегендердің арасында бірінші болып табылады. Қазақстанда табиғи және антропогендік жоғары радиоактивтілікке әкелетін бірқатар факторлары бар аудандар бар, оның ішінде табиғи радиоактивтілігі өте жоғары көптеген учаскелер, уран кен орындары, сондай-ақ уран кеніштері мен уран минералдануымен байланысты басқа да пайдалы қазбалардың тау-кен кәсіпорындарының ұзақ мерзімді қызметі бар.

Қорытынды: Осылайша, қауіп-қатерді бағалау және аурудың алдын алу үшін сәулеленуге ұшыраған адамдардың популяциясын бақылау қажет екендігі айқын болды. Бұл тақырып Қазақстан Республикасы үшін өте өзекті болғандықтан, уран деңгейі жоғары аудандарда тұратын халықтың онкологиялық аурулар қаупіне толық ауқымды зерттеулер жүргізу қажет.

Түйінді сөздер: Уран, радон, қатерлі ісіктер, радиоактивтілік, халық денсаулығы.

Резюме

РАДИАЦИОННЫЙ РИСК И ОНКОЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Құралай Б. Ілбекова¹, <https://orcid.org/0000-0001-9950-9808>

Данара С. Ибраева¹, <https://orcid.org/0000-0002-1640-1728>

Молдир Н. Аумаликова¹, <https://orcid.org/0000-0002-4242-9193>

Мейрат М. Бахтин¹, <https://orcid.org/0000-0001-6117-5101>

¹ Институт радиобиологии и радиационной защиты, НАО «Медицинский университет Астана», г. Нур-Султан, Республика Казахстан.

Актуальность: Радиоактивное загрязнение является значительным фактором, влияющим на окружающую среду и здоровье человека. Уран и продукты его распада вносят основной вклад в облучение человека естественными источниками излучения. Высокие уровни радона наблюдаются в северных районах Казахстана из-за естественных

источников радиации и длительной и крупномасштабной добычи урана. Воздействие радона на население Казахстана мало изучено, несмотря на то, что многие регионы страны содержат высокие уровни радона

Цель работы: Анализ литературы о возможных последствиях для здоровья, связанных с воздействием урана и продуктов его распада на население, проживающего в экологически неблагоприятных регионах.

Стратегия поиска: Поиск источников проводился в базе Web of Science, PubMed, с помощью специализированной поисковой системы Google Scholar и в электронной научной библиотеке CyberLeninka. Глубина поиска составила 20 лет. Использовались следующие ключевые запросы: уран, радон, злокачественные новообразования, радиоактивность, здоровье населения (MeSH Terms: uranium, uranium contamination, human exposure, health risk, radon, cancer incidence). Обзор литературы проводился в электронном и ручном режимах. **Критерии включения:** публикации на русском и английском языках; полнотекстовые эпидемиологические и клинические исследования. **Критерии исключения:** публикации с нечеткими выводами, повторно встречающиеся публикации, тезисы, статьи с платным доступом, газетные публикации. Всего было найдено источников 566 для итогового анализа были выбраны 57 статей.

Результаты: Все эти исследования показывают, что облучение радоном и его дочерними продуктами может представлять значительный риск для здоровья населения. Облучение радоном является второй причиной рака легких и первой - среди никогда не куривших. В Казахстане есть районы с рядом факторов, ведущих к естественной и антропогенной повышенной радиоактивности, в том числе многочисленные участки с аномально повышенной естественной радиоактивностью, урановые месторождения, а также долгосрочная деятельность урановых рудников и горнодобывающих предприятий других полезных ископаемых, связанных с урановой минерализацией.

Выводы: Таким образом, становится очевидным, что необходимо контролировать популяции людей, подвергшихся облучению, для оценки риска и предотвращения заболеваний. Поскольку эта тема очень актуальна для Республики Казахстан, необходимо провести полномасштабные исследования риска онкологических заболеваний у населения, проживающего в районах с повышенным уровнем урана.

Ключевые слова: Уран, радон, злокачественные новообразования, радиоактивность, здоровье населения.

Abstract

RADIATION RISK AND CANCER INCIDENCE. REVIEW

Kuralay B. Ilbekova¹, <https://orcid.org/0000-0001-9950-9808>

Danara S. Ibrayeva¹, <https://orcid.org/0000-0002-1640-1728>

Moldir N. Aumalikova¹, <https://orcid.org/0000-0002-4242-9193>

Meirat M. Bakhtin¹, <https://orcid.org/0000-0001-6117-5101>

¹ Institute of radiobiology and radiation protection nCJSC "Astana Medical University", Nur-Sultan city, Republic of Kazakhstan.

Relevance: Radioactive contamination is a significant factor affecting the environment and human health. Uranium and its decay products make a major contribution to human exposure to natural radiation sources. High levels of radon are observed in the Northern regions of Kazakhstan due to natural sources of radiation and long-term and large-scale uranium mining. The impact of radon on the population of Kazakhstan has been little studied, even though many regions of the country contain high levels of radon.

The work aims: The analyze of the literature data on possible health consequences associated with the uranium impact and its decay products on the population living in ecologically unfavorable regions.

Search strategy: The search for sources was carried out in the Web of Science database, PubMed, using the specialized Google Scholar search engine and in the CyberLeninka electronic scientific library. The search depth was 20 years. The following keywords were used: uranium, radon, malignant neoplasms, radioactivity, public health (MeSH Terms: uranium, uranium contamination, human exposure, health risk, radon, cancer incident). The literature review was conducted in electronic and manual modes. **Inclusion criteria:** Publications in Russian and English; full-text epidemiological and clinical studies. **Exclusion criteria:** Publications with unclear conclusions, repeated publications, abstracts, articles with paid access, newspaper publications. A total of 566 sources were found, 57 articles were selected for the final analysis.

Results: All these studies show that exposure to radon and radon progeny can pose a significant risk to public health. Radon exposure is the second cause of lung cancer and the first among those who have never smoked. There are areas in Kazakhstan with several factors leading to natural and anthropogenic increased radioactivity, including numerous areas with abnormally increased natural radioactivity, uranium deposits, as well as long-term activities of uranium mines and mining enterprises of other minerals associated with uranium mineralization.

Conclusions: Thus, it becomes obvious that it is necessary to control populations of people exposed to radiation to assess the risk and prevent diseases. Since this topic is very relevant for the Republic of Kazakhstan, it is necessary to conduct full-scale studies of the risk of cancer in the population living in areas with elevated levels of uranium.

Keywords: Uranium, radon, malignant neoplasms, radioactivity, public health.

Библиографиялық сілтеме:

Ілбекова Қ.Б., Ибраева Д.С., Аумаликова М.Н., Бахтин М.М. Радиациялық қауіптілік және қатерлі ісік аурушандығы. Әдеби шолу // Ғылым және Денсаулық сақтау. 2022. 2 (Т.24). Б. 175-182. doi 10.34689/SH.2022.24.2.021

Ilbekova K.B., Ibrayeva D.S., Aumalikova M.N., Bakhtin M.M. Radiation risk and cancer incidence. Review // Nauka i Zdravookhranenie [Science & Healthcare]. 2022, (Vol.24) 2, pp. 175-182. doi 10.34689/SH.2022.24.2.021

Ілбекова Қ.Б., Ибраева Д.С., Аумаликова М.Н., Бахтин М.М. Радиационный риск и онкозаболеваемость. Обзор литературы // Наука и Здравоохранение. 2022. 2(Т.24). С. 175-182. doi 10.34689/SH.2022.24.2.021

Кіріспе. Рентген сәулелері мен радиоактивтілік құбылыстарының ашылуы иондаушы сәуле (ИС) көздерін адам өмірінің әртүрлі салаларында - энергетика, инженерия, медицинада қолдануға негіз болды. Бұл ретте, физикалық агентті пайдаланудың айқын артықшылықтарымен қатар, ең алдымен сәулеленудің жоғары және орташа деңгейлерінің (жинақталған доза 1 Зв астам) әсері кезінде адам организміне радиациялық әсердің бірқатар теріс салдарлары тіркеледі. Егер біз ИС-нің адам ағзасына теріс әсері туралы осы уақытқа дейін жинақталған барлық фактілерді қарастыратын болсақ, онда радиациялық әсердің барлығын детерминирленген (дозаға тәуелді) және стохастикалық (ықтималды, кешіктірілген) деп бөлуге болады. [6, 8].

Детерминирленген әсерлерге жіті және созылмалы сәулелік аурулар, сондай-ақ жалпы немесе жергілікті сәулеленудің жоғары және орта деңгейлерінің әсер етуі салдарынан дамиды бір жердегі сәулелік реакциялар (зақымданулар) жатқызылуы тиіс. Стохастикалық әсерлер патологиялық жағдайлар (немесе аурулар) тобын және радиациялық әсерге ұшыраған адамдарда сонымен қатар олардың ұрпақтарында тіркелген қатерлі ісіктер мен генетикалық ауруларды біріктіреді және олардың детерминирленгеннен айырмашылығы, радиациялық әсерге ұшыраған адамдардың бәрінде дамымайды және тек қана бірден-бір иондаушы сәулелену көздерімен жанасудың салдары болып саналмайды.

Радиациялық фактор, бұл жағдайда патологиялық процестердің немесе аурулардың даму факторларының бірі болып табылады. Осыған байланысты оның үлесін және тіркелген қатерлі ісік патогенезіндегі дәрежесін, генетикалық ақауды және т.б. бағалау, сондай-ақ радиациялық әсерге байланысты денсаулыққа қауіп

индикаторының мөлшерін анықтау өте күрделі іргелі мәселе болып көрінеді. Оны шешу үшін бағалаудың әртүрлі деңгейлерін (молекулярлық деңгейден популяциялық деңгейге дейін) және статистикалық материалдың үлкен көлемін пайдаланып, жүйелі тәсілді қолдана отырып зерттеулер жүргізу қажет [7].

Халықаралық қатерлі ісікті зерттеу агенттігі (IAIR) жариялаған мәліметтер ХХ ғасырдың соңғы онжылдығы қатерлі ісік ауруының 23% - дан астамға артуымен сипатталғанын көрсетеді.

Жұмыстың мақсаты: Уран және оның өншілес өнімдерінің экологиялық қолайсыз аймақтарда тұратын халыққа әсері және денсаулыққа ықтимал әсерлері туралы әдебиеттерді талдау.

Іздеу стратегиясы: Мамандандырылған Google Scholar іздеу жүйесінде, Web of Science, PubMed базасында және CyberLeninka электрондық ғылыми кітапханасында дереккөздерді іздеу жүргізілді. Іздеу тереңдігі 20 жылды құрады. Ақпараттық шолуды іздеуде келесідей түйінді сөздер қолданылды: уран, радон, қатерлі ісіктер, радиоактивтілік, халық денсаулығы (MeSH Terms: uranium, uranium contamination, human exposure, health risk, radon, cancer incidence). Әдебиеттерге шолу электронды және қол режимінде жүргізілді. *Енгізілетін критерилер:* Орыс және ағылшын тілдеріндегі мақалалар; толық мәтінді эпидемиологиялық және клиникалық зерттеулер. *Енгізілмейтін критерилер:* анық емес тұжырымдары бар мақалалар, қайталанатын мақалалар, тезистер, ақылы қол жетімді мақалалар, газет басылымдары. Барлығы 566 дереккөз табылды, оның ішінен қорытынды талдау үшін 57 мақала таңдалды. Әдебиеттік шолу жүргізудің реті келесі кестеде ұсынылады:

Кесте 1

Әдебиеттік шолу үшін дереккөздер қорынан табылған ғылыми мақалаларды іріктеу жолы.

(Table 1. How to select scientific articles found in the sources for literature review).

Дереккөздерден табылған ғылыми жарияланымдар n=566			
Web of Science	Google Scholar	eLibrary.ru	CyberLeninka
n=157	n=134	n=92	n=183
Алып тасталған қайталанатын ғылыми жарияланымдар (телнұсқалар)			
n=35	n=77	n=33	n=53
Қалған ғылыми жарияланымдар n=368, алып тасталған ғылыми жарияланымдар n=198			
122	57	59	130
Алып тасталған ғылыми жарияланымдар (баяндамалардың түйіндемесі, тезистер)			
n=47	n=13	n=11	n=61
Қалған ғылыми жарияланымдар n=263, алып тасталған ғылыми жарияланымдар n=132			
n=75	n=44	n=48	n=69
Шолу тақырыбына сәйкес келмейтін алып тасталған ғылыми жарияланымдар			
n=50	n=22	n=44	n=63
Қалған ғылыми жарияланымдар n=84, алып тасталған ғылыми жарияланымдар n=179			
Іріктелген ғылыми жарияланымдар n=57			
25	22	4	6

Қазақстандағы уран көздері

Қазақстан пайдалы қазбалар, металл кендері, табиғи газ және мұнай қорлары сияқты бай табиғи ресурстарға ие. Әсіресе уран белсенді өндіріліп, қайта өңделетіні белгілі. Уран кенін өндіру және қайта өңдеу Қазақстанда екінші дүниежүзілік соғыстан кейін басталды, әлемдік уран қорының 14% - ы және өсіп келе жатқан тау-кен секторы бар, онда 2019 жылы шамамен 22 830 тонна өндірілді және оны әрі қарай ұлғайту жоспарлануда [51, 53]. Солтүстік Қазақстанда уран кенін өндіру және байыту бірқатар қызмет түрлерін, атап айтқанда пайдалы қазбаларды ашық өндіру, байыту фабрикаларына тасымалдау, ұсақтау және қайта өңдеу, сондай-ақ тау-кен өнеркәсібінің радиоактивті және радиоактивті емес қалдықтарын сақтау процесінің нәтижесінде қоршаған ортаның ластануына алып келді. Қазақстан уран ыдырауының еншілес өнімі ретінде табиғатта кездесетін радонды, радиоактивті газды қоса алғанда, әртүрлі қауіпті материалдардың әсеріне ұшырауы мүмкін. Қазақстандағы негізгі мәселе қала халқының 85% - ға жуығы қоршаған ортаның ластануы рұқсат етілген нормалардан асып түсетін аумақтарда тұратындығында болып отыр [26, 34]. Радон мен оның радиоактивті ыдырау өнімдерінің адам канцерогендері ретіндегі рөлін 1988 жылы қатерлі ісік ауруын зерттеу жөніндегі халықаралық агенттік құрды және жануарларға зертханалық тәжірибелер, [22] адамдарға эпидемиологиялық зерттеулер жүргізу кезінде алынған тәжірибелік мәліметтермен расталды [37].

Табиғи уранның ластануы

Уран - бұл табиғи түрде кездесетін элемент, мысалы, тау жыныстарында, топырақтарда және шөгінділерде. Оттегі жағдайында минералдардағы ерімейтін U (IV) еритін U (VI) дейін тотығуға бейім, U (VI) - су жүйелерінде жақсы қозғалғыштығы бар карбонатты кешендердің пайда болуына ықпал етеді, мысалы UO₂ (CO₃). 2 2- және UO₂ (CO₃) 3 4 [44]. Осылайша, геологиялық процестерге байланысты жер асты суларының уранмен ластануы көптеген елдерде біртіндеп кең таралған мәселеге [28, 32, 43, 47] және жаһандық денсаулық сақтау мәселесіне айналуға, уранның қоршаған ортаға әсер ететін әртүрлі жолдары бар. Ауыз судың қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымының (ДДҰ) басшылығы бірнеше рет түзетілді [12]. ДДҰ және АҚШ қоршаған ортаны қорғау агенттігі (АҚШ қоршаған ортаны қорғау агенттігі) ауыз судағы уранның концентрациясы 30 мкг/л-ден аспауын ұсынды, бұл радиотоксикалық емес, химиотоксикалыққа негізделген ұсыныс. Алайда, қазіргі шектеуге қатысты көптеген белгісіздік бар, оны қосымша эпидемиологиялық және токсикологиялық зерттеулер, әсіресе балалар сияқты әлсіз топтар үшін көрсетуі керек [11, 27, 30, 33]. Уранмен ластанған аудандарда жергілікті тұрғындарға уран ауыз су немесе тамақ арқылы тарайды (ДДҰ, 2001).

Радонның денсаулыққа қауіптілігі

Адам ағзасында табиғи түрде шамамен 90 мкг уран бар және оны тамақпен бірге қабылдау күніне шамамен 0,7 ~ 15,3 мкг құрайды [20, 39]. Биологиялық сұйықтықтарда уранның биожетімді түрлері (мысалы, UO₂ 2+) бикарбонатпен, цитратпен және ақуыздармен

[19, 54]. апта ішінде жұтылған уранның шамамен 95%-ы несеппен бүйрек арқылы тез шығарылады, ал уранның бір бөлігі алты валентті уранил ионы (UO₂ 2+) түрінде қалады [57]. Қалған уран негізінен сүйектерде, бүйректерде және бауырда кездеседі [38]. Осылайша, уранның қоршаған ортаға немесе өндірісте әсер етуінен денсаулыққа зиян келтіру ықтималдығы алаңдаушылық тудырады. Уран адам ағзасында газ тәрізді және аэрозольді уранды деммен жұту кезінде, су немесе тамақ ішу кезінде, сондай-ақ терімен жанасу кезінде жиналуы мүмкін, ал уранның жедел немесе созылмалы шамадан тыс әсер етуі бүйрек, сүйек, бауыр, ми және өкпеге зақым әкелу қаупі бар (ДДҰ, 2001; ATSDR, 2013).

Уранның халыққа әсері табиғи уранмен ластанған аумақтарға судың немесе тамақ өнімдерінің түсуіне, сондай-ақ газ тәрізді уранның немесе аэрозольдердің ингаляциясына байланысты (UNSCEAR, 2016).

Қатерлі ісіктің пайда болуы мен дамуының көптеген қауіп факторлары халықтың өмір сүру жағдайларының аймақтық ерекшеліктеріне байланысты екендігі атап өтілді. Қатерлі ісіктің таралуы, әр түрлі ісіктердің жиілігі, олардың антропогендік және техногендік (соның ішінде ИС) факторларды қоса алғанда, әр түрлі сыртқы-экологиялық факторлармен байланысы туралы түсінік алуға нақты ұйымдастырылған бақылаушылық эпидемиологиялық зерттеулер мүмкіндік береді [4].

Қазіргі уақытта ИС-нің канцерогендік әсері жөніндегі деректер дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымы (ДДҰ) шығарған екі томда, сондай-ақ Біріккен Ұлттар Ұйымы (БҰҰ) жанындағы атомдық сәулеленудің әсері жөніндегі ғылыми комитеттің (НҚДАР) басылымдарында жинақталған, онда соңғы жылдардағы және одан бұрынғы жұмыстардың зерттеулері ретінде деректер келтірілген. Радиациялық медицина, радиобиология, радиациялық гигиена, эпидемиология саласындағы отандық ғалым-мамандар жүргізген зерттеулердің нәтижелері ресейлік және шетелдік ғылыми басылымдарда кеңінен ұсынылған [2,3,9,10].

Деммен жұтылған радон өнімдерінен альфа бөлшектерінің шығарылуы өкпенің қатерлі ісігін тудыратыны анықталды [31]. Дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымының мәліметтері бойынша эпидемиологиялық зерттеулер тұрғын үйлерде жиі кездесетін радонның салыстырмалы түрде төмен деңгейінде де радонның ішкі сәулеленуі мен өкпе қатерлі ісігі арасындағы байланыстың нақты дәлелдерін ұсынды. Радоннан және еншілес өнімдерден сәулелену дозасы концентрацияға, гранулометриялық құрамға, тыныс алу жолдарындағы шөгінділерге және өкпе клиренсіне байланысты. Радон тұрғын үй-жайларға іргетас арқылы немесе құрылыс материалдары арқылы түседі. Нәтижесінде бөлмеде радиацияның жоғары деңгейі болуы мүмкін. Радонның адам сәулеленуінің орташа дозасын қалыптастыруға қосқан үлесі 50% - дан астамға бағаланады, сондықтан радон радионуклидтеріне орташа адам ағзасы табиғи және адам радионуклидті ортадан алатын сәулеленудің жалпы дозасының жартысынан астамы келеді [49]. Радонның адам ағзасына жалпы әсері оның радиоактивтілігімен байланысты, сондықтан ол радиациялық қоздырылған қатерлі ісік қаупін тудырады.

Әлемдік зерттеулер бойынша деректер

Ядролық-энергетикалық өндіріс кәсіпорындары орналасқан Украинаның бес қаласындағы халықтың қатерлі ісіктермен сырқаттанушылығын талдау кезінде осы тұрғындар арасындағы ісіктердің барлық түрлерінің жиілігі ұлттық және аймақтық деңгейден асып түсетіні анықталды [1]. АҚШ тұрғын үй-жайларындағы радон деңгейінің артуы европидті және негроидті популяциялардағы созылмалы лимфоцитарлық лейкемия жиілігімен байланысты [52]. 1995 жылдан 2011 жылға дейін тұрғын үйлердегі радон концентрациясының жоғарылауымен Техас аудандарындағы балаларда диффузды жасушалы лимфомамен ауыратындар санының өсуі байқалды [45]. Пәтерлерде радонның созылмалы әсер етуі терінің базальды жасушалық карциномасының пайда болу қаупін тудыруы мүмкін. Радон және әсіресе оның ыдырау өнімдері су молекулаларымен және кейбір атмосфералық бөлшектермен байланысып, аэрозоль түзеді және электростатикалық тартылыс арқылы теріге, қорғалмаған киімге, оған канцерогенді әсер етуі уақыттың ұзақтығына байланысты болады [16].

Уранның қоршаған ортаға тигізетін канцерогенділігіне аз көңіл бөлінді, алайда зерттеу Оңтүстік Каролинада колоректальды қатерлі ісік, сүт безі, бүйрек және жалпы қатерлі ісік ауруы уранмен ластанған жер асты суларын жиі қолданумен байланысты екенін көрсетті [56]. Тағы бір зерттеу қалпына келтірілген уранның әсері Франциядағы уран өңдеу зауытының жұмысшыларында өкпе, лимфа және гемопозтикалық қатерлі ісіктердің пайда болу жиілігін арттыратынын көрсетті, бұл уранның физикалық және химиялық сипатына және оның изотоптық құрамына байланысты болуы мүмкін [18].

Кейбір зерттеулерде темекі шекпейтін әйелдер тобындағы аденокарцинома ауруы мен тұрғын үй-жайлардағы радон концентрациясының жоғарылауы арасындағы оң байланыс анықталды. Кейбір зерттеулер радонның кумулятивтік сәулеленуі мен өкпеден тыс қатерлі ісік қаупі арасындағы статистикалық маңызды байланысты көрсетті [35, 50]. Алайда, зерттеушілердің көпшілігі радонды деммен жұту кезінде бронхтың зақымдану қаупі факторы адам ағзасының басқа мүшелеріне қарағанда әлдеқайда жоғары деп санайды. Қатерлі ісік индукциясының негізгі мақсаттары сегменттік бронхтар болып табылады [13]. Радонмен сәулелену ешқашан темекі шекпейтіндерде өкпе обырының алғашқы себебі болып саналады [55]. *Torres Duran et al.* зерттеу мақсаты-бұл ешқашан темекі шекпейтіндердің өкпе қатерлі ісігімен аурудың қаупінде тұрғын үй-жайлардағы радонның әсерін бағалау және қоршаған ортадағы темекі түтіні тұрғын үй-жайлардағы радонның әсеріне әсер ететінін анықтау. Авторлар қоршаған ортадағы темекі түтініне және > 200 Бк/м³ радон концентрациясына ұшыраған адамдарда радонның төмен концентрациясы мен қоршаған ортадағы темекі түтінінің әсеріне ұшыраған адамдарға қарағанда өкпе қатерлі ісігінің жоғары қаупі бар екенін көрсетті. *Kreuzer et al.* [40] өз зерттеулерінде өкпенің қатерлі ісігі қаупі ешқашан темекі шекпейтін адамдарда радонның сәулеленуімен байланысты екенін көрсетті. Радон темекі түтіні, шаң және түтін сияқты басқа

факторлардың әсерін күшейте алады. Темекі түтіні радонның онкогендік әсерін 2-ден 10 есеге дейін арттырады және ең бастысы, радон өкпе қатерлі ісігінің жасырын кезеңін едәуір қысқартады [21]. АҚШ-тың қоршаған ортаны қорғау агенттігі жүргізген зерттеулер радоннан туындаған өкпе қатерлі ісігіне байланысты темекі шегушілердің саны сол халықтың темекі шекпейтіндеріне қарағанда үш есе көп екенін көрсетті [23]. *Darby et al* хабарлағандай [25] 75 жасқа толғанда өкпе обырының кумулятивтік қаупі 0, 100 және 400 Бк / м³ радон концентрациясы үшін ешқашан темекі шекпейтіндер үшін 0,4%, 0,5% және 0,7% бағаланады. Бұл ретте 75 жастағы темекі шегушілер үшін өкпе обырының жиынтық қаупі 0, 100 және 400 Бк / м³ радон концентрациясы үшін 10%, 12% және 16% - ға жетеді. БҰҰ-ның атом радиациясының әсері жөніндегі ғылыми комитетінің мәліметтері бойынша, радон әлемдегі өкпе обырының барлық ауруларының шамамен 20%-ына жауап береді. Радонның әсері АҚШ-тағы өкпе қатерлі ісігінің 21000-ға жуық жағдайын тудыратын екінші маңызды қауіп факторы болып табылады [25]. Ұлыбританияның радиациялық қорғаныс бюросы Ұлыбританияда жыл сайын радон тудырған өкпе обырынан 1400 адам қайтыс болады деп хабарлайды [42]. Испанияда жүргізілген "жағдай-бақылау" зерттеуі 147 Бк/м³ радонмен сәулеленген кезде өкпе обырының қаупі екі есе артатынын көрсетті [14]. Канадалық ғалымдардың зерттеулеріне сәйкес, 200 Бк/м³ әсер ететін радонмен өмір сүретін темекі шекпейтін адамдарда өкпе қатерлі ісігінің салыстырмалы қаупі бақылау тобымен салыстырғанда екі есе артады [41]. Петерсон және бірлескен авторлар [36] Онтарио (Канада) өкпенің қатерлі ісігінен қайтыс болғандардың 13,6%-ы радонның әсерінен болатындығын көрсетті. Бағалау негізінде Канада Үкіметі 2007 жылғы маусымда 800 Бк/м³ бастап 200 Бк/м³ дейінгі үй-жайлардың ауасындағы радонмен сәулелену бойынша нормативтерді қайта қарады [68]. Ресейде популяциялық зерттеу радонмен сәулеленуге ұшыраған адамдарда өкпе қатерлі ісігінің даму қаупі едәуір жоғарылағанын көрсетті [17]. Осыған ұқсас нәтижелер Чиуауа қаласында (Мексика) радон-индукцияланған өкпе обырының қаупін зерттеу кезінде де алынды [48]. Данияда 1993 жылдан 1997 жылға дейін 57 053 адамның өмір сүру жағдайы зерттелді және нәтижелерді талдау өкпе қатерлі ісігі мен үй-жайдағы радон арасындағы оң корреляцияны көрсетті [29]. Осылайша, әртүрлі елдерде жүргізілген эпидемиологиялық зерттеулер радонның жоғары мөлшері мен өкпе қатерлі ісігі қаупі арасындағы байланыстың болуын көрсетеді. Алайда радонның Қазақстан халқының денсаулығына әсер ету проблемасы жеткілікті зерттелген жоқ.

Солтүстік Қазақстандағы радон бойынша деректер

Солтүстік Қазақстанда онкологиялық аурулардың жиілігі елдің басқа өңірлерімен салыстырғанда ең жоғары. Жоғарыда айтылғандай, радонның жоғары белсенділігі байқалса, олар Қазақстан аумағымен белгіленген, бірақ Солтүстік Қазақстан радонының ең жоғары деңгейімен сипатталады (елді мекендердің 67%). Бір қызығы, қатерлі ісік ауруы елдің солтүстік бөлігінде (1,5 және одан да көп есе) өсті, бұл радон

деңгейі мен қатерлі ісік ауруы арасындағы байланысты болжайды. Өкінішке орай, Қазақстанда радонның қатерлі ісік қаупіне әсерін зерттеу жеткіліксіз. Солтүстік Қазақстан мемлекеттік университетінің зерттеушілер тобы Солтүстік Қазақстан халқы арасында қоршаған орта факторларының, оның ішінде радонның онкологиялық аурулардың дамуына әсерін зерттеді. Олар Қазақстанның осы аймағындағы тұрғын үй-жайлардағы радон концентрациясы мен түрлі рак аурулары арасында оң байланыс тапты, олардың арасында өкпе обыры басым [15]. Радиобиология және радиациялық қорғау институтының зерттеушілері аталған аймақтағы халықтың денсаулығына уран және оның еншілес өнімдерінің әсерін зерттеп, оның соматикалық аурушандығына баға берген [24].

Қазақстандағы радон аймақтарының проблемасы қазіргі уақытта халық денсаулығының маңызды экологиялық мәселелерінің бірі ретінде айқындалады.

Жоғарыда аталғандарды негізге ала отырып, уран өндірісі әртүрлі нысандарының және оның ыдырау өнімдерінің сол өңірлерде тұратын халыққа әсер етуіне байланысты денсаулық сақтау мақсатында скринингіне немесе мониторингіне қажеттілік күмән тудырмайды.

Жарияланған көптеген мәліметтер радонның және оның еншілес өнімдерінің сәулеленуі халықтың денсаулығына айтарлықтай қауіп төндіруі мүмкін екенін көрсетеді. Радонмен сәулелену өкпе қатерлі ісігінің екінші себебі болып саналады және ешқашан темекі шекпегендердің арасында бірінші болып саналады. Көптеген елдер үйдегі радонның ең жоғары концентрациясы бар аудандарды сипаттау үшін тұрғын үй-жайларда радонның сәулелену карталарын жасады. Қазақстанда табиғи және антропогендік жоғары радиоактивтілікке әкелетін бірқатар факторлары бар аудандар бар, оның ішінде табиғи радиоактивтілігі өте жоғары көптеген учаскелер, уран кен орындары, сондай-ақ уран кеніштері мен уран минералдануымен байланысты басқа да пайдалы қазбалардың тау-кен кәсіпорындарының ұзақ мерзімді қызметі бар.

Қорытынды

Осылайша, қауіп-қатерді бағалау және аурудың алдын алу үшін сәулеленуге ұшыраған адамдардың популяциясын бақылау қажет екендігі айқын болды. Бұл тақырып Қазақстан Республикасы үшін өте өзекті болғандықтан, радиоактивті қалдықтар қоймаларының жанында тұратын халықта радон-индукцияланған обыр қаупіне толық ауқымды зерттеулер жүргізу қажет. Генотоксикалық зерттеулердің барлық талаптарын сақтай отырып жүргізілетін зерттеулер Қазақстанды егжей-тегжейлі радонды аймақтарға бөлу үшін ауқымды және сенімді деректерді ұсына алады. Бұл сонымен қатар радон қаупі төмен тұрғын және өндірістік ғимараттардың құрылысын жоспарлауға мүмкіндік береді. Бұл, өз кезегінде, ауада радон концентрациясы жоғары аудандарда тұратын адамдардың денсаулығына радонның әсер ету қаупін азайту бойынша шаралар әзірлеуге көмектеседі.

Авторлардың үлестері. Бұл мақаланы зерттеуге және жазуға барлық авторлар бірдей қатысты.

Мүдделер қақтығысы. Мүдделер қақтығысы жарияланған жоқ.

Қаржыландыру. Бұл жұмыстарды жүргізу кезінде сырттан ұйымдар мен медициналық өкілдер тарапынан қаржыландырылмаған.

Басылым туралы ақпарат. Бұл мақала бұрын басқа басылымдарда жарияланбаған және басқа баспаларда қарастырылмаған.

Әдебиеттер:

1. Базыка Д.А., Присяжнюк А.Е., Романенко А.Е. и др. Заболеваемость злокачественными новообразованиями населения городов Украины с предприятиями ядерно-энергетического производства // Радиация и риск. 2011. №3, Т.20. С.58-68.

2. Булдаков Л.А., Калистратова В.С. Радиоактивное излучение и здоровье. - М.: Информ-Атом, 2003.-165с.

3. Гуськова А.К. Медицина труда в атомной промышленности и энергетики // Медицина труда и промышленная экология. 2004. №3. С.17-24.

4. Ильин Л.А., Кошурникова Н.А., Кузнецова И.С., Болотникова М.Г. Заболеваемость и смертность от злокачественных новообразований лимфатической и кроветворной тканей среди населения города Озерска за период с 1948 по 2000 год // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2003. №1. С. 65-71.

5. Ильин Л.А., Ярмоненко С.П. Источники и эффекты ионизирующего излучения / Отчет Научного комитета ООН по действию атомной радиации 2000 года Генеральной ассамблее ООН с научными приложениями. Т. II: Эффекты (Ч.3). М.: РАДЭЖОН, 2002. - 308 с.

6. Ильин Л.А., Киселев М.Ф., Панфилов А.П. и др. Медико-дозиметрический регистр работников атомной промышленности России. Состояние и перспективы // Бюллетень по атомной энергии. 2004. №5. С. 38-42.

7. Иванов В.К., Цыб А.Ф., Панфилов А.П., Агапов А.М. Оптимизация радиационной защиты: «Дозовая матрица». - М.: Издательство «Медицина», 2006.-304 с.

8. Ильин Л.А., Туков А.Р., Кошурникова Н.А. и др. Оценка заболеваемости гемобластомами населения закрытых административных территорий // Хроническое радиационное воздействие: медико-биологические эффекты: Материалы III международного симпозиума. Челябинск, 2005. -29 с.

9. Ильин Л.А. Радиационная медицина. Том 3. Радиационная гигиена. М.: 2002. - 608 с.

10. Кошурникова Н.А., Третьяков Ф.Д., Окатенко П.В. и др. Основные показатели здоровья населения г. Озерска в период 1948-2002 г.г. // Бюллетень сибирской медицины. 2005. Т.4. №2. С. 29-35.

11. Ansoborlo E., Lebaron-Jacobs L., Prat O. Uranium in drinking-water: A unique case of guideline value increases and discrepancies between chemical and radiochemical guidelines // Environ. 2015. Int. 77, P. 1-4.

12. Bacquart T., Frisbie S. et al. Multiple inorganic toxic substances contaminating the groundwater of Myingyan Township, Myanmar: arsenic, manganese, fluoride, iron, and uranium // Sci. Total Environ. 2015. 517, P. 232-245.

13. Baradaran S., Maleknasr N., Setayeshi S., Akbari M.E. Prediction of Lung Cells Oncogenic Transformation for Induced Radon Progeny Alpha Particles Using Sugarscape Cellular Automata // Iran J Cancer Prev. 2014. 1:40-7.

14. Barros-Dios J.M., Ruano-Ravina A., Pérez-Ríos M., et al. Residential Radon Exposure, Histologic Types, and

Lung Cancer Risk. A Case–Control Study in Galicia, Spain // *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev.* 2012. 21(6):951.

15. *Belet'skaya N.* Effect of environmental factors on cancer incidence in the population of North Kazakhstan and East Kazakhstan. *Petropavlovsk: Kozybayev M.SKGU;* 2013. p. 225.

16. *Bräuner E.V., Loft S., Sørensen M. et al.* Residential Radon Exposure and Skin Cancer Incidence in a Prospective Danish Cohort // *PLoS One.* 2015. №10(8). P.1-14.

17. Canada Health. Cross-Canada survey of radon concentrations in homes final report. Ottawa: Queen's Printer; 2012. P.2.

18. *Canu I.G., Jacob S., Cardis E. et al.* Uranium carcinogenicity in humans might depend on the physical and chemical nature of uranium and its isotopic composition: results from pilot epidemiological study of French nuclear workers // *Cancer Causes Control.* 2011. 22 (11), 1563–1573.

19. *Carriere M., Thiebault C., Milgram S. et al.* Citrate Does Not Change Uranium Chemical Speciation in Cell Culture Medium but Increases Its Toxicity and Accumulation in NRK-52E Cells // *Chem. Res. Toxicol.* 2007. 19, 1637–1642.

20. *Carvalho F.P., Oliveira J.M.* Uranium isotopes in the Balkan's environment and foods following the use of depleted uranium in the war. *Environ // Int.* 2010. 36 (4), 352–360.

21. *Chahine T., Schultz B.D., Zartarian V.G., Xue J. Subramanian S.V., Levy J.* Modeling Joint Exposures and Health Outcomes for Cumulative Risk Assessment: The Case of Radon and Smoking // *Int J Environ Res Public Health.* 2011. 8:368–711.

22. *Collier C.G., Strong J.C., Humphreys J.A., Timpson N. et al.* Carcinogenicity of radon/radon decay product inhalation in rats – effect of dose, dose rate and unattached fraction // *Int J Rad Biol.* 2005. 81:631–47.

23. *Darby S., Hill D., Deo H., Auvinen A., Barros-Dios J.M., Baysson H., et al.* Residential radon and lung cancer—detailed results of a collaborative // *Scand J Work Environ Health.* 2007. Feb. 33(1):80

24. *Djanabaev D.D., Kashkinbaev E.T., Ilbekova K.B., Saifulina E.A., Bakhtin M.M., Sharipov M.K., Kazymbet P.K.* Health status of the population living in the zone of influence of radioactive waste repositories // *Electronic Journal of General Medicine.* 2019. 16(6). 176.

25. *Darby S., Hill D., Deo H., Auvinen A. et al.* Residential radon and lung cancer—detailed results of a collaborative analysis of individual data on 7148 persons with lung cancer and 14 208 persons without lung cancer from 13 epidemiologic studies in Europe. *Scand J Work Environ Health.* 2006. 32(Suppl 1):1–84.

26. Environment and Sustainable Development in Kazakhstan. A series of UNDP publication in Kazakhstan. №UNDPKAZ06. Almaty; 2004. 58 p.

27. *Frisbie S.H., Mitchell E.J., Sarkar B.* World Health Organization increases its drinking-water guideline for uranium // *Environ. Sci.: Processes Impacts.* 2013. 15 (10), 1817–1823.

28. *Guo H., Zhao W., Li H., Xiu W., Shen J.* High radionuclides in groundwater of an Inland basin from northwest China: origin and fate // *ACS Earth Space Chem.* 2018. 2 (11), 1137–1144.

29. *Hinojosa de la Garza O.R., Sanin L.H. et al.* Lung Cancer Mortality and Radon Concentration in a Chronically Exposed Neighborhood in Chihuahua, Mexico: A Geospatial Analysis // *Scientific World Journal.* 2014. 2014:935380

30. *Homma-Takeda S., Kokubo T., Terada Y. et al.* Uranium dynamics and developmental sensitivity in rat kidney // *J. Appl. Toxicol.* 2013. 33 (7), 685–694.

31. ICRP. Radiological Protection against Radon Exposure. ICRP ref 4829-96716554. Draft Report for Consultation. Atlanta, USA: Elsevier; 2011. P 37.

32. *Jakhu R., Mehra R., Mittal H.M.* Exposure assessment of natural uranium from drinking water // *Environ. Sci.: Processes Impacts* 2016. 18(12), 1540–1549.

33. *Kaur S., Mehra R.* Toxicological risk assessment of protracted ingestion of uranium in groundwater // *Environ. Geochem. Health* 2019. 41 (2), 681–698.

34. *Kazymbet P.K.* Radioecological state of the residential areas in the uranium mining regions of Kazakhstan // *Scientific Proceedings of Institute for Radiobiology and Radiation Protection.* 2014. 1:19–55.

35. *Kreuzer M., Walsh L., Schnelzer M., Tschense A., Grosche B.* Radon and risk of extrapulmonary cancers: results of the German uranium miners' cohort study, 1960–2003 // *Br J Cancer.* 2008. 99:1946–53.

36. *Krewski D., Lubin J.H., Zielinski J.M. et al.* A combined analysis of North American case–control studies of residential radon and lung cancer // *J Toxicol Environ Health.* 2006. 69:533–97.

37. *Laughlin J.* An historical overview of radon and its progeny: applications and health effects // *Radiat Prot Dosimetry.* 2012;152:2–8.

38. *Li W.B., Roth P., Wahl W., Oeh U., Holtriegl V., Paretzke H.G.J.* Biokinetic modeling of uranium in man after injection and ingestion. *Radiat // Environ. Biophys.* 2005. 44 (1). 29–40.

39. *Magdo H.S., Forman J., Graber N., Newman B., Klein K. et al.* Grand rounds: nephrotoxicity in a young child exposed to uranium from contaminated well water // *Environ. Health Perspect.* 2007. 115 (8). 1237–1241.

40. *Méndez D., Alshanqeety O., Warner K.E.* The Impact of Declining Smoking on Radon-Related Lung Cancer in the United States // *Am J Public Health.* 2011.101(2).310–14.

41. *Milner J., Shrubsole C., Das P., Jones B., Ridley I. et al.* Home energy efficiency and radon related risk of lung cancer: modelling study // *BMJ.* 2014.348. p. 1–12.

42. *Neri A., Stewart S.L., Angell W.* Radon Control Activities for Lung Cancer Prevention in National Comprehensive Cancer Control Program Plans, 2005–2011 // *Prev Chronic Dis.* 2013.10: p. 1–9.

43. *Nolan J., Weber K.A.* Natural uranium contamination in major US aquifers linked to nitrate // *Environ. Sci. Technol. Lett.* 2015. 2 (8). p. 215–220.

44. *Norrstrom A.C., Lov A.* Uranium theoretical speciation for drinking water from private drilled wells in Sweden – Implications for choice of removal method // *Appl. Geochem.* 2014. 51. p. 148–154.

45. *Peckham E.C., Scheurer M.E., Danysh H.E. et al.* Residential Radon Exposure and Incidence of Childhood Lymphoma in Texas 1995–2011 // *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2015. №12. P.12110-12126.

46. Peterson E., Aker A., Kim J.H., Li Y., Brand K., Copes R. Lung cancer risk from radon in Ontario, Canada: how many lung cancers can we prevent // *Cancer Causes Control*. 2013. 24: p. 20.
47. Post V.E.A., Vassolo S.I., Tiberghien C. et al. Weathering and evaporation controls on dissolved uranium concentrations in groundwater - A case study from northern Burundi // *Sci. Total Environ*. 2017. 607–608. pp. 281–293.
48. Rahmanin Y.A., Novikov S.M., Shashin T.A., Abalkina I.L. Assessment and reduction of strategic risks in the social sphere. Civil Protection Strategy: Issues and research. 2013. 3(2): p. 150–62.
49. Robertson A., Allen J., Laney R., Curnow A. The Cellular and Molecular Carcinogenic Effects of Radon. Exposure: A Review // *Int. J Mol Sci*. 2013.14: pp. 140–63.
50. Ruano-Ravina A., Aragonés N., Pérez-Ríos M. et al. Residential radon exposure and esophageal cancer. An ecological study from an area with high indoor radon concentration (Galicia, Spain) // *Int J Radiat Biol*. 2014. 90(4): pp. 299–305.
51. Salbu B. Preface: uranium mining legacy issue in Central Asia // *J Environ Radioact*. 2013.123: pp. 1–2.
52. Schwartz G.G., Klug M.G. Incidence rates of chronic lymphocytic leukemia in US states are associated with residential radon levels // *Future Oncol*. 2015. p. 10.
53. Stegnar P., Shishkov I., Burkitbayev M. et al. Assessment of the radiological impact of gamma and radon dose rates at former U mining sites in Central Asia // *J Environ Radioact*. 2013.123: pp. 3–13.
54. Sutton M., Burastero S. Uranium(VI) Solubility and Speciation in Simulated Elemental Human Biological Fluids // *Chem. Res. Toxicol*. 2004. 17. pp. 1468–1480.
55. Torres-Durán M., Ruano-Ravina A. et al. Lung cancer in former-smokers: a case-control study in a radon-prone area (Galicia, Spain) // *Eur Respir J*. 2014. 44(4): p. 850.
56. Wagner S., Burch J.B., Bottai M. et al. Groundwater uranium and cancer incidence in South Carolina // *Cancer Causes Control* 2011. 22 (1). pp. 41–50.
57. Wang X., Dai X., Shi C. et al. A 3,2-Hydroxypyridinone-based Decorporation Agent that Removes Uranium from Bones In Vivo // *Nat. Commun*. 2019. 10 (1). p. 2570.
- Reference: [1-10]**
1. Bazyka D.A., Prisyazhnyuk A.E., Romanenko A.E. i dr. Zaboлеваemost' zlokachestvennyymi novoobrazovaniyami naseleniya gorodov Ukrainy s predpriyatiyami yaderno-energeticheskogo proizvodstva [The incidence of malignant neoplasms in the population of Ukrainian cities with nuclear power plants]. *Radiatsiya i risk* [Radiation and risk]. 2011. T.20, №3. pp. 58–68 [in Russian].
2. Buldakov L.A., Kalistratova B.C. *Radioaktivnoe izluchenie i zdorov'e* [Radiation and health]. M.: Inform-Atom [M.: Inform-Atom]. 2003. p.165 [in Russian].
3. Gus'kova A.K. Meditsina truda v atomnoi promyshlennosti i energetiki [Occupational medicine in the nuclear industry and energy]. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya* [Occupational medicine and industrial ecology]. 2004. №3. pp. 17–24 [in Russian].
4. Il'in L.A., Koshurnikova H.A., Kuznetsova I.S., Bolotnikova M.G. Zaboлеваemost' i smertnost' ot zlokachestvennykh novoobrazovaniy lim-faticheskoi i krovotvornoi tkanei sredi naseleniya goroda Ozerska za period s 1948 po 2000 god [Morbidity and mortality from malignant neoplasms of lymphatic and hematopoietic tissues among the population of the city of Ozersk for the period from 1948 to 2000] // *Meditsinskaya radiologiya i radiatsionnaya bezopasnost'* [Medical radiology and radiation safety]. 2003. №1. pp. 65–71 [in Russian].
5. Il'in L.A., Yarmonenko S.P. *Istochniki i efekty ioniziruyushchego izlucheniya* [Sources and effects of ionizing radiation]. Otchet Nauchnogo komiteta OON po deistviyu atomnoi radiatsii 2000 goda General'noi assamblee OON s nauchnymi prilozheniyami. T. II: Efekty (Ch.Z) M.: RADEKON [Report of the UN Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation in 2000 to the UN General Assembly with scientific appendices. Vol. II: Effects (Part 3) M.: RADEKON]. 2002. p. 308 [in Russian].
6. Il'in L.A., Kiselev M.F., Panfilov A.P. i dr. Mediko-dozimetriceskii registr rabotnikov atomnoi promyshlennosti Rossii.Sostoyanie i perspektivy [Medical and dosimetric register of workers of the nuclear industry in Russia. State and prospects]. *Byullyuten' po atomnoi energii* [Atomic Energy Bulletin]. 2004. №5. pp. 38–42 [in Russian].
7. Ivanov V.K., Tsyb A.F., Panfilov A.P., Agapov A.M. *Optimizatsiya radiatsionnoi zashchity: «Dozovaya matritsa»* [Optimization of radiation protection: "Dose matrix"]. M.: OAO «Izdatel'stvo «Meditsina» [M.: JSC "Medicine Publishing House"]. 2006. p.304. [in Russian].
8. Il'in L.A., Tukov A.R., Koshurnikova H.A. i dr. Otsenka zaboлеваemosti gemoblastozami naseleniya zakrytykh administrativnykh territorii [Assessment of the incidence of hemoblastosis in the population of closed administrative territories] *Khronicheskoe radiatsionnoe vozdeistvie: mediko-biologicheskie efekty: Materialy III mezhdunarodnogo simpoziuma. – Chelyabinsk* [Chronic radiation exposure: medico-biological effects: Proceedings of the III International Symposium. - Chelyabinsk]. 2005. p.29 [in Russian].
9. Il'in L.A. *Radiatsionnaya meditsina. Tom 3. Radiatsionnaya gigiena* [Radiation medicine. Volume 3. Radiation Hygiene]. 2002. p.608 [in Russian].
10. Koshurnikova H.A., Tret'yakov F.D., Okatenko P.V. i dr. Osnovnye pokazateli zdorov'ya naseleniya g. Ozerska v period 1948 -2002 g.g. [The main indicators of health of the population of Ozersk in the period 1948 -2002]. *Byullyuten' sibirskoi meditsiny* [Bulletin of Siberian Medicine]. 2005. T.4. №2. pp. 29–35 [in Russian].

Контактная информация:

Илбекова Құралай Бақытбекқызы – докторант по специальности «Медицина», НАО «Медицинский университет Астана», г. Нур-Султан, Республика Казахстан.

Почтовый адрес: Республика Казахстан, 010000, г. Нур-Султан, ул. ул. Бейбитшилик 49 а.

E-mail: ilbekova.k@amu.kz

Телефон: +7(775)134 07 07