

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2017

УДК: 614.876.575.155/575.853

Д. Е. Узбекиев, Д. М. Шабдарбаева

**РАДИАЦИЯ ӘСЕРІНЕН ТУЫНДАҒАН ЖАСУША ҚҰРЫЛЫМЫ МЕН ГЕНЕТИКАЛЫҚ АППАРАТТЫҢ ЗАҚЫМДАНУЛАРЫ**

Семей мемлекеттік медицина университетінің патологиялық анатомия және сот медицина кафедрасы (Семей, Қазақстан)

Радиациялық қаупі бар аймақтарда орналасқан Семей өңіріндегі тұрғындар арасында өтілген көпжылдық медициналық зерттеу материалдары және Хиросима мен Нагасакидағы атом бомбасы жарылысынан кейін жиналған жапондық пен американдық тәжірибелердің бірталай зерттеулері, сонымен қатар Чернобыль атом электр станциясындағы (ЧАЭС) апаттың салдарын талдап жүрген дәрігерлердің зерттеу нәтижелері сәуле әсеріне ұшыраған организмнің аса сезімтал жүйелерінің бірі – генетикалық аппарат екенін айқындаған. Ү-сәулелік әсерінен бедеуліктің, тестикулалық ісіктердің, келесі ұрпаққа тұқымқуалаушылық ауруларының таралуын жүзеге асыратын жыныс жасушаларының генетикалық бүліністері дамитынын ғалымдар өз еңбектерінде дәлелдеген.

Хиросима мен Нагасакидағы атом бомбалауын басынан өткірген халық үшін Ү- мен β-сәулелерді тудырған негізгі нейтронды-белсендірілген радионуклидтердің бірі –  $^{60}\text{Co}$  пен  $^{56}\text{Mn}$  болғаны көпшілікке мәлім.  $^{56}\text{Mn}$  радионуклидінің доминантты рөлі атом бомбалауының салдарын зерттеген жапон ғалымдарының еңбектерінде анық жазылған. Бүгінгі күні жасуша құрылымы мен генетикалық аппаратқа Ү- мен нейтронды сәулелердің әсерін салыстырмалы түрде бағалау зор қызығушылық арттырады.

*Кілт сөздер:* иондаушы сәулелер, жасушалық деструкция, геномдық тұрақсыздық, ДНҚ зақымдануы, ұрпақтар

Адамзаттың әр түрлі иондаушы сәулелермен қарым-қатынасқа түсуі салдарынан туындаған дерттік үрдістер мен 1945 жылы Хиросима мен Нагасакидағы атом бомбалауына ұшырағандардың ұрпақтары денсаулығының нашарлауы өзекті мәселелер қатарында қала беретіні еш күмән тудырмайды [22]. Жапондық қалалардағы атом атылысын басынан кешіргендер арасында иондаушы сәулелік этиологиялық рөлі геномдық аппараттың тұрақсыздығын талдау барысында нақтыланды [55]. Көптеген авторлардың пікірінше, атом бомбалауынан кейін тірі қалған жандар үшін доминантты нейтронды-белсендірілген радионуклидтердің бірі – марганец-56 ( $^{56}\text{Mn}$ ) болған [51, 62, 71].

Чернобыль апатының экологиялық пен экономикалық салдарының көлемі Хиросима мен Нагасакидағы ядролық бомбалауынан туындаған залалдан да асып кеткені белгілі [15]. Чернобыль атом электр станциясындағы (ЧАЭС) апат салдарын ликвидациялаушылар контингенті радиация әсерінен кейін алшақ мерзімдегі сомалық мутагенезді зерттеуге арналған ыңғайлы модельді ұсынған [36]. Кейбір ғалымдардың нәтижелеріне сай, ликвидациялаушылардың перифериялық қан лимфоциттеріндегі хромосомалық абберациялар жиілігі жоғарылаған [45, 48, 58, 61]. Чернобыль апатының генетикалық әсерлеріне аса жоғары қызығушылықтың пайда болуы сәулеге душар болғандар ұрпақтарына мүмкін

болатын әсерлермен байланысты [10]. Сәуле әсерінен кейін жасушалардағы туындайтын өзгерістер бірнеше секундтан соң, он жылдар өткен соң немесе тіпті бірнеше ұрпақтан кейін дамып, радиацияға шалдыққан адамдар ұрпақтарындағы жасушалар өлімінің ғана емес, сонымен бірге жасушалар мен тіндер қызметінің нашарлауына, генетикалық ауруларға алып келетін жасушалардағы бұзылыстардың себебі болуы ықтимал [6]. Сонымен, әр түрлі иондаушы сәулелер әсеріне ұшырағандар ұрпақтарының денсаулығына радиацияның жасуша мен субжасушалық деңгейіндегі әсерін зерттеу радиобиологтардың өзекті мәселелерінің бірі болып қала береді [31, 40].

**Зерттеу мақсаты:** ғылыми әдебиеттердің нәтижелерін пайдаланып, радиацияның әр түрлі деңгейі мен түрлері әсер ету кезіндегі жасуша құрылымының генетикалық аппаратының сипатын талдау.

**МАТЕРИАЛДАР МЕН ӘДІСТЕР**

Алға қойылған мақсатты орындау үшін ғылыми публикациялар іріктеліп, талқыға салынған. Әдеби шолуды іске жүзеге асыру үшін «иондаушы сәулелер», «жасушалық деструкция», «геномдық тұрақсыздық», «ДНҚ зақымдануы», «ұрпақтар» деген түйінді элементтері қолданылып, «Google Scholar» ғылыми іздеу жүйесі арқылы PubMed, Medline, e-library, Cochrane базасында индекстелген еңбектер ұсынылған. Ғылыми ақпаратты

таңдау алдында келесі шарттар ескерілген: соңғы 10 жыл ішіндегі тышқан мен егеуқұйрықтарға жасалған эксперименттік зерттеулер мен ағылшын, жапон және орыс тілдеріндегі мақалалардың толық мәліметтері қолданылған (ғылыми және тарихи тұрғыдан бағалы публикацияларды зерттеу барысында ескілеу сілтемелер де алынған). Жалпы алғанда, 914 әдеби қайнар көздері табылып, талдауға олардың 70-тен аса мақалалары алынған. Автоматты түрде іздеу сатысы тәмамдалған соң берілген шолуға негізделген ғылыми ақпаратты сараптау жұмыстары қарапайым жолмен де жүзеге асырылған.

### НӘТИЖЕЛЕР МЕН ОЛАРДЫ ТАЛҚЫЛАУ

Радиациялық қаупі бар аймақтарда орналасқан Семей өңіріндегі тұрғындар арасында өтілген көпжылдық медициналық зерттеу жұмыстары сәуле әсеріне ұшыраған организмнің аса сезімтал жүйелерінің бірі – генетикалық аппарат екенін көрсеткен [9, 11, 19]. Бүгінгі күні көптеген авторлардың жұмыстарында үсәуле әсеріне ұшырағандардың иммундық қабілетті ағзаларындағы алмасу үрдістерінің жағдайы зерттелген [7, 12, 28, 29, 30, 32, 33, 34]. Ғылыми әдебиетті талдау барысында профессионалды әрекет салдарынан зардап шеккен ата-аналардан туған балаларда ісіктердің даму қаупі жоғары екені және олардың қалыптасу ретардациясының байқалатынын көптеген еңбектерде көруге болады [38, 57]. Бірақ, авторлар ұрпақтардың ауыр генетикалық ауытқулары аса қатты байқалмайтынын дәлелдеп жүргенімен де, геномдық тұрақсыздықтың трансгенерациялық индукциясы айқын факт болып табылатынын айта кеткен жөн [43]. ЧАЭС апатынан кейін туған сәбилердегі хромосомалық абберрациялар мен абберрантты жасушалардың жиілік тәуелділігінің жоқтығы ата-аналардың жыныс жасушаларына және балалардың зиготасы мен сомалық жасушаларына радиацияның шағын мөлшері әсерінің арнайыланбаған сипатын айқындайды. Кейбір ғалымдардың зерттеу жұмыстарында ядролық апат нәтижесінде сәулеленген ата-аналардан туған балалар организмінде радиацияның сублетальді дозаларының трансгенерациялық құбылысы салдарынан детерминацияланған геномдық тұрақсыздықтың индивидуалды экспрессиясы демонстрацияланған [42].

Радиацияның төмен дозалары бағана жасушалары мен иммундық қабілетті жасушалардың генетикалық аппаратына және олардың тұқымдарына әсер етуі кезінде

дамитын хромосомалық абберрациялар иммунды жүйенің шағын аномалиялары түрінде көрініп, иммунды жүйенің гомеостаздық қызметінің бұзылуына және компенсация мен адаптация үрдістерінің әлсіреуіне алып келетіні ғалымдардың еңбектерінде дәлелденген [5, 37, 47]. Бұл нәтижелер сәулелеу дозасы және қан лимфоциттеріндегі хромосомалық абберрациялар жиілігі мен бұзылыстардың қарқындылығы арасындағы корреляциялық тәуелділікті анықтауға көмектесті [49]. Сонымен, сәулелеудің шағын дозалары генетикалық бүліністерге немесе организмнің физиологиялық мүмкіншіліктерінің төмендеуіне алып келетін аяғына дейін анықталмаған механизмдер тізбегін «іске қосуы» мүмкін. Төмен дозалармен сәулелену кезінде обыр аурулары соңғы мерзімде, ал жыныс жасушаларының генетикалық аппаратының бүлінуі нәтижесінде дамидын туа пайда болған ақаулар мен тұқымқуалау аурулары кейінгі ұрпақтарда, яғни сәулелеу әсеріне ұшырағандардың балаларында, немерелерінде және одан кейінгі ұрпақтарында айқындалады [17].

Атом мен молекула деңгейінде иондаушы сәулелеудің ықпалы шектелмеген, демек, кез-келген квант бүліндіргіш әсер етеді, өйткені оның энергиясы биологиялық молекулалардағы байланыс энергиясынан басым болады. Бірақ, тәжірибе жүзінде бұл қорытынды мінсіз болып табылады, себебі, сәулеленуден дамидын бүліністер репарацияның арнайы ферменттерінің көмегімен пострадиациялық қайта қалпына келу үрдісі молекулалық деңгейде іске қосылады. Соның арқасында сәулелеуден кейін бірнеше сағат өткен соң бүлінген дезоксирибонуклеин қышқылы (ДНК) молекулаларының 95%-дан астамы репарацияланады. Сондықтан, иондаушы сәулелену әсерінің ықтималдық сипатына байланысты белгілі бір молекулалар бүлінуінің аяқталуын болжау мүмкін емес [14, 59].

Иондағыш сәулелер мембранаға әсер ету арқылы жасушалардың функциялық белсенділігі мен нейрогуморальді факторларға сезімталдығын өзгертеді, липидтердің асқын тотығу үрдістерін инициациялап, гидролизді тудыру арқылы биомембраналар құрылымы мен қызметінің бұзылуына алып келеді. Биомембраналардың деструкциясы мен жасуша құрылымдарының деградациясы генетикалық бүліністердің дамуына себепші болады [64, 68]. Көптеген ғалымдар еңбектерінде, иондаушы сәулелену әсеріне душар болған ата-аналарынан туған

жеткіншектерде лимфоциттер мен нейтрофилдердің фагоцитарлы белсенділігінің төмендегені байқалған [4, 66, 70].

Сәулеленудің генетикалық әсерін жекелеген немесе популяциялық аспектілерде қарастыру қажет. Екі жағдайда да сомалық пен ұрық жасушаларында тұқымқуалайтын құрылымдардың бүлінуі жүзеге асады. Сомалық жасушалардағы генетикалық бұзылыстар жасушалардың өлімін немесе қызметінің бұзылуын тудырады [16]. Жыныс жасушаларын сәулелеу ұрпақтардағы бұрынғы белгілердің өзгеруіне және жаңа белгілердің пайда болуына алып келуі ықтимал. Жаңа қасиеттер тұқым қуалап, ұрпаққа тарай бастайды [54]. Иондаушы сәулеленудің гендерге әсер ету ерекшелігі олардың гендерді таңдамауы болып табылады, сондықтан организмнің қасиеттері мен белгілерінің сан алуан күтпеген өзгерістері пайда болуы мүмкін [8]. Иондаушы сәулеленудің генетикалық әсерлері сәулелеудің сипаты мен түріне тәуелді [2, 18]. Семей полигонында ядролық жарақтарды сынақтан өткізу кезеңіндегі радиациялық әсерлер популяциялардың репродукциялық сипатына сәтсіз ықпал еткені мәлім [25]. Одан да кеш мерзімдерде ол ұзақ уақыттан кейінгі кездейсоқ салдар түрінде ғана емес, сонымен қатар туа пайда болған ақаулары, тұқымқуалау аурулары және соңынан келетін ұрпақтардағы жүктіліктің қолайсыз нәтижесі түрінде де көріне бастады. Радиация әсеріне халықтың жоғары сезімталдығына байланысты қаупі жоғары топтардың бірі – жүкті әйелдер мен балалар. Аса қауіпті топтарға жоғары радиосезімталдығымен сипатталатын жатырішілік даму кезеңіндегі ұрықты жатқызады [46, 72]. Радиобелсенді заттар анасының организміне бір рет түсуінің нәтижесінде оның организмінде ұзақ мерзімге дейін сақталып, ұрық жолдасы арқылы ұрыққа өтеді де, жатырішілік дамуының толықтай кезеңінде сәулелеудің бастапқы түйіні бола алады [21, 41]. Әйелдердің репродуктивті денсаулығына ү-сәуле әсерін бағалаудың негізгі соңғы белгісі есебінде жарату қабілетін, яғни ұрықталу мен бала табу қабілетін анықтау ғана емес, сонымен бірге ұрпақтар денсаулығының жағдайын да анықтау ұйғарылады. Жүктілік кезіндегі анасының организміне радионуклидтердің енуінен гөрі анасының сәуле әсеріне ұшырауынан кейін ұзақ уақыт өткен соң ұрыққа жанама әсерінен ұрпақтардың көбірек азап шегетінін айта кеткен жөн [65]. Бұл құбылыс анасынан түсетін радиобелсенді

заттармен ұрықтың тікелей сәулеленуі әсеріне қарағанда, анасының организміндегі өзгерістердің ұрпақтардағы даму ақауларына ана-ұрлым терең ықпал ететінін көрсетеді [50].

Радиацияның тірі организмдерге әсерін зерттеу сәуле әсеріне жүйелік жауаптарды координациялайтын регуляциялық желілер әрекетінің жағдайын бағалаумен тығыз байланысты болып саналады [13]. Генетиктердің айтуынша, иммунды жүйенің гендер полиморфизмін, геном бүтіндігін сақтауға және жасушалық циклді, яғни ДНҚ репарациясының гендеріне, апоптозға жауапты гендермен қатар сәуле әсерінен кейін қалпына келудің генетикалық бақылау механизмдері мен организм адаптациясын зерттеудің болашағы зор [24, 35]. ү-сәулесі өзінің жағымсыз әсерін ДНҚ, нәруыздар мен липидтер сияқты макромолекулалармен жасуша мембранасында реакцияға түскен еркін радикалдардың түзілуі арқылы іске қосады. Осындай оттектің белсенді түрлері радиосезімтал жасушаларды зақымдау арқылы қалыпты зат алмасуды бұзып, мутагенез бен апоптоздың дамуына алып келеді [52]. Әсіресе, радиация салдарынан дамиды жасушалардағы сан алуан құрылымдар деструкциясы ДНҚ макромолекулаларының зақымдануымен сипатталатыны еш күмән тудырмайды. Екіншілік электронның жасуша арқылы өтуі кезінде ионизация үрдісі ДНҚ маңайында пайда болса, оның жіпшелерінің біреуін бүлдіруі ықтимал [20]. Сәулелеудің детерминацияланған және кездейсоқ әсерлеріне адамдардың генетикалық предрасположендігін бағалау нәтижелері олардың радиосезімтал генотипі бар екенін растаған. Бірақ, адаптациялық-мультипликациялық модельдер деңгейіндегі генетикалық пен радиациялық факторлардың бір-бірімен байланысын бағалау олардың қарым-қатынасының түгелдей дерлік ерекшеліктерін сипаттауға мүмкіндік бермейтініне ғалымдардың көздері жетті [43].

Бірнеше онжылдықтар бойы дозалардың жоғары диапазоны мен шамасындағы радиацияның, әсіресе комбинациялық әсеріне шалдыққан жұрттың біршама контингенті сәулеленгендердің бірінші мен екінші ұрпақтарындағы репродукция қызметін бағалау мен ұзақ ретроспективті талдау жүргізу мүмкіншілігін іске асыруда дүниежүзілік тәжірибе жүзіндегі бірден-бірі – Семей сынақ ядролық полигоны (ССЯП) көрсеткіштері өте маңызды болып саналады [3, 63]. Ұзақ мерзімнен кейінгі зардап кезіндегі

көптеген әсерлер сәулеленген жасушаларда уақыт өте келе дамиды үрдістер ретінде қарастырылады [60]. Осы үрдістердің негізінде жатқан жасушалар типіне байланысты ДНҚ тұрақсыздығының күшеюі сәулеленуден кейін көп уақыт өткен соң алғашқы сағаттар мен тәуліктерде көріне бастайды [1]. Бұл – радиациялық канцерогенезге алып келетін ұзақ мерзімнен кейінгі әсерлердің дамуы болып табылады [56]. Шағын дозалы иондаушы сәулеленудің әсері кезінде жасушалар өлімге ұшырамаған уақытта сәулеленгендердің ұрпақтарында сақталатын ДНҚ-нда өзгерістер туындайды. Молекулалық-жасушалық деңгейіндегі бұзылыстар туа пайда болған ақаулардың дамуына алып келуі де ғажап емес [69].

Келесі ұрпаққа генетикалық ақпаратты тасымалдауда шәуеттегі ДНҚ мен хроматин бүтіндігінің маңызы зор екенін біле тұра, ДНҚ зақымдануларының бедеулікке алып келетінін айтуға ғалымдардың толық хұқығы бар [53, 67]. Демек, иондаушы сәулеленудің энергиясы әсерінен ДНҚ-ның химиялық құрылымы өзгеріп, генетикалық ақпарат кодын құрайтын азоттық негіздерде пайда болатын өзгерістер нәтижесінде гендік мутациялар дамиды [23, 44]. Егер аналық жасушасы ұрпақтың дамуына әсер етпесе, мутация келесі ұрпақтарда байқалмауы ықтимал. Мутациялардың жартылайы ұзақ уақыт күнелтіп, ұрпақтан ұрпаққа тұқым қуалап, бұл мутациялар бірдей белгісімен және әкесі мен шешесінде сәйкес келуімен сипатталатын болса ғана осы ұрпақтарда байқалады. Рецессивті мутациялар алғашқы рет сәулелендірілген жануарлардың шөберелерінде айқындалған. Кейбір мутациялар тек қана әкесінде, я болмаса шешесінде пайда болуына қарамастан да бірінші ұрпақта пайда болады. Генетиктер иондаушы сәулеленуден туындайтын мутацияның басым көпшілігі рецессивті, ал қалғандары доминантты екенін анықтаған [39].

### ҚОРЫТЫНДЫ

Сонымен, әдеби шолу ү-сәуленің генетикалық аппаратқа әсері туралы бірталай мәліметтердің бар екенін көрсетті [27, 48]. Дегенмен, жасуша құрылымына нейтронды сәулелердің зиянды әсерлері жайлы ғалымдардың ортақ пікірлері күні бүгінге дейін қалыптаспаған.

Жапон қалаларындағы атом бомбалауы салдарынан зардап шеккендер үшін негізгі нейтронды белсендірілген радионуклидтердің бірі –  $^{60}\text{Co}$  пен  $^{56}\text{Mn}$  болып табылатыны жұртқа мәлім. Осыған байланысты, қазіргі уақытта ү-

мен нейтронды сәулеленудің тірі ағзалар мен олардың ұрпақтарына әсерін жасуша деңгейінде салыстырмалы түрде тәжірибе жүзінде зерттеу зор қызығушылық тудырады [26].

### ӘДЕБИЕТ

1 Александров И. Д. Радиационная биология структурно разных генов *Drosophila melanogaster*. Сообщение 3. Ген Black. Общая и молекулярная характеристика его радиомутантности // И. Д. Александров, Л. Н. Намолован, М. В. Александрова // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2012. – Т. 52, №5. – С. 453-466.

2 Апсаликов К. Н. Эпидемиологические маркеры радиационных повреждений среди экспонированного радиацией населения и их потомков в отдаленные сроки после формирования доз облучения // К. Н. Апсаликов, А. В. Липихина, Г. К. Кошпесова // Наука и здравоохранение. – 2012. – №4. – С. 19-23.

3 Апсаликов К. Н. Формирование базы данных по изучению репродуктивного здоровья населения Восточно-Казахстанской области, подвергшегося радиационному воздействию в результате испытаний ядерного оружия // К. Н. Апсаликов, А. А. Свердлов, Б. И. Гусев // Мед. радиол. и радиац. безопасность. – 2006. – №5. – С. 29-30.

4 Гусев Б. И. Изучение опосредованного влияния радиационного фактора, а также факторов нерадиационной природы на здоровье потомков изучаемых районов, разработка критериев оценки связи различных общесоматических и онкологических заболеваний с изучаемыми вредоносными факторами // Отчет НИР радиационной медицины и экологии. – 2007.

5 Дюсембаева Н. К. Мутационный статус населения как критерий экологической обусловленной патологии / Н. К. Дюсембаева, М. А. Мукашева, А. А. Адилбекова // Астана медициналық журналы. – 2004. – №1. – С. 48-51.

6 Ермаков А. В. «ДНК-сигнальный» путь, обеспечивающий развитие радиационного эффекта свидетеля в клетках человека // А. В. Ермаков, М. С. Конькова, С. В. Костюк // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2011. – Т. 51, №6. – С. 651-659.

7 Жетписбаев Б. А. Эффекты сублетальной дозы γ-радиации на провоспалительные цитокины и лимфоидные органы иммунодефицита у потомков I поколения // Б. А. Жетписбаев, А. Ш. Кыдырмолдина, С. Е. Мырзагулова // Вестн. КазНМУ. – 2014. – №4. – С. 236-238.

8 Кенжина Л. Б. Изучение полиморфизма генов-кандидатов предрасположенности к

- сердечно-сосудистым заболеваниям в группах радиационного риска, представленных потомками, рожденными от облученных родителей /Л. Б. Кенжина, А. М. Адылканова, С. С. Жакупова //Наука и здравоохранение. – 2012. – №4. – С. 31-35.
- 9 Корсаков А. В. Многофакторное техногенное загрязнение окружающей среды как фактор риска формирования цитогенетических нарушений у населения // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2014. – №2. – С. 155-160.
- 10 Лягинская А. М. Врожденные пороки развития у потомства ликвидаторов последствий аварии на чернобыльской АЭС /А. М. Лягинская, А. Р. Туков, В. А. Осипов // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2009. – Т. 49, №6. – С. 694-702.
- 11 Мадиева М. Р. Медицинские последствия облучения населения низкими дозами // Медицина и экология. – 2008. – №1. – С. 7-12.
- 12 Мадиева М. Р. Изменения состояний лимфоидных органов иммуногенеза в позднем периоде после действия фракционированной дозы  $\gamma$ -излучения /М. Р. Мадиева, А. К. Мусайнова, Б. А. Жетписбаев //Наука и здравоохранение. – 2014. – №2. – С. 22-24.
- 13 Мазурик В. К. Роль регуляторных сетей ответа клеток на повреждения в формировании радиационных эффектов // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2005. – Т. 45, №1. – С. 26-45.
- 14 Малашенко В. А. Медико-социальные проблемы территорий, пострадавших от аварии на Чернобыльской АЭС. //Матер. междунар. науч.-практ. конф. «Чернобыль – 20 лет спустя. Социально-экономические проблемы и перспективы развития пострадавших территорий». – Брянск, 2005. – С. 142-144.
- 15 Малышев В. П. Уроки преодоления последствий чернобыльской катастрофы: 25 лет спустя //Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. – 2014. – Т. 4, №2. – С. 559-568.
- 16 Мельнов С. Б. Молекулярно-генетические отдаленные эффекты у ликвидаторов 1986-1987 гг. /С. Б. Мельнов, Т. В. Шиманец, К. Н. Адерихо //Ежегодник «Экологическая антропология». – 2002. – С. 263-266.
- 17 Москалев А. А. Генетические исследования влияния ионизирующей радиации в малых дозах на продолжительность жизни //Радиационная биология. Радиоэкология. – 2008. – Т. 48, №2. – С. 139-145.
- 18 Мулдагалиев Т. Ж. Динамика распространенности заболеваний среди населения Бородулихинского района Восточно-Казахстанской области в отдаленном периоде после радиационного воздействия в результате испытаний ядерного оружия на Семипалатинском испытательном ядерном полигоне /Т. Ж. Мулдагалиев, А. Е. Мансарина, В. Ж. Оралтаева //Наука и здравоохранение. – 2012. – №4. – С. 23-25.
- 19 Мухаметжанов А. М. Влияние малых доз облучения на здоровье населения, проживающего на территории Семипалатинского полигона //Медицина и экология. – 2008. – №2 (47). – С. 31-36.
- 20 Павлов А. С. Клетка, радиация и канцерогенез //Российский онкологический журнал. – 2012. – №2. – С. 54-56.
- 21 Павлова С. А. Распространенность и причины бесплодия у женщин, работающих на АЭС /С. А. Павлова, Т. И. Бугрова, А. М. Лягинская //Сб. ст. к 20-летию юбилею Института повышения квалификации ФМБА. – М., 2008. – С. 139-140.
- 22 Палыга Г. Ф. Последствия для репродуктивной функции однократного облучения в нестерилизующей дозе антенатальных и половозрелых яичников крыс Вистар /Г. Ф. Палыга, О. Ф. Чибисова, В. Л. Иванов //Радиация и риск. – 2008. – Т. 17, №3. – С. 46-53.
- 23 Пелевина И. И. Изменение радиочувствительности лимфоцитов крови человека после облучения в малых дозах /И. И. Пелевина, А. В. Алещенко, М. М. Антошина //Радиационная биология. Радиоэкология. – 2012. – Т. 52, №5. – С. 481-486.
- 24 Рахыпбеков Т. К. Донозологическая диагностика и профилактика болезней системы кровообращения у лиц, подвергавшихся воздействию радиационного фактора, на основе изучения генного полиморфизма /Т. К. Рахыпбеков, Т. А. Адылханов, А. К. Мусаханова //Наука и здравоохранение. – 2012. – №3. – С. 18-20.
- 25 Рахыпбеков Т. К. Оценка результатов социологического исследования жителей, подвергавшихся радиационному воздействию на СЯП /Т. К. Рахыпбеков, Ж. Б. Базарбек, А. К. Мусаханова //Наука и здравоохранение. – 2010. – №1. – С. 140-141.
- 26 Рахыпбеков Т. К. Радиационно-биологический эксперимент на комплексе исследовательских реакторов «Байкал-1» /Т. К. Рахыпбеков, М. Hoshi, В. Ф. Степаненко //

Человек. Энергия. Атом. – 2015. – №2 (24). – С. 43-45.

27 Узбекиков Д. Е. Гамма-сәуленің әсеріне ұшыраған егеуқұйрықтардың I-ші ұрпағының иммундық қабілетті ағзаларындағы алмасу үрдістерінің жасына қарай өзгерісі: дис. ...маг. мед. наук. – Семей, 2013. – 6 с.

28 Узбекиков Д. Е. Гамма-сәуленің әсеріне ұшыраған егеуқұйрықтардың I-ші ұрпағының иммундық қабілетті ағзаларындағы алмасу үрдісіндегі өзгерісі /Д. Е. Узбекиков, Б. А. Жетписбаев, О. З. Ильдербаев //Наука и здравоохранение. – 2013. – №2. – С. 61-63.

29 Узбекиков Д. Е. <sup>60</sup>Со әсеріне ұшыраған егеуқұйрықтардың әр түрлі жастағы ұрпағының жіңішке ішек лимфа түйіндеріндегі энергия алмасу үрдісінің салыстырмалы сипаттамасы /Д. Е. Узбекиков, О. З. Ильдербаев, Д. М. Шабдарбаева //Наука и здравоохранение. – 2015. – №2. – С. 72-81.

30 Узбекиков Д. Е. Состояние обменных процессов в органах потомков крыс, подвергнутых воздействию  $\gamma$ -излучения / Д. Е. Узбекиков, О. З. Ильдербаев, Д. М. Шабдарбаева //Наука и здравоохранение. – 2016. – №3. – С. 79-82.

31 Узбекиков Д. Е. Влияние радиационного излучения на иммунную систему /Д. Е. Узбекиков, Ы. О. Кайрханова, М. Hoshi // Междунар. журн. прикладных наук и фундаментальных исследований. – 2016, – №8 (4). – С. 538-541.

32 Узбекиков Д. Е.  $\gamma$ -сәуле әсеріне ұшыраған егеуқұйрықтардың I-ші ұрпағының иммундық қабілетті ағзаларындағы липидтердің асқын тотығы жағдайы /Д. Е. Узбекиков, Н. Ж. Чайжунусова, Д. М. Шабдарбаева //Наука и здравоохранение. – 2014. – №6. – С. 41-43.

33 Узбекиков Д. Е. Сәулелендірілген егеуқұйрықтардың I-ші ұрпағының иммундық қабілетті ағзаларындағы алмасу үрдістерінің жағдайы /Д. Е. Узбекиков, Д. М. Шабдарбаева, Н. Б. Саякенов //Наука и здравоохранение. – 2014. – №6. – С. 38-41.

34 Узбекиков Д. Е. Гамма-сәуленің әсеріне ұшыраған егеуқұйрықтардың I-ші ұрпағының иммундық қабілетті ағзаларындағы энергия алмасу үрдісінің жасына қарай өзгерісі /Д. Е. Узбекиков, Г. С. Шалгымбаева, А. К. Мусайнова //Наука и здравоохранение. – 2013. – №4. – С. 75-77.

35 Уткин К. В. Установление генетических маркеров устойчивости и чувствительности человека к радиационному воздействию /К. В. Уткин, И. А. Кофиади, Е. И. Батенева // Иммунология. – 2013. – №2. – С. 80-84.

36 Смирнова С. Г. Мониторинг частоты лимфоцитов, мутантных по генам Т-клеточного рецептора, у ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС в отдалённый пострadiационный период /С. Г. Смирнова, Н. В. Орлова, И. А. Замулаева //Радиация и риск. – 2012. – Т. 21, №1. – С. 20-29.

37 Ставицкий Р. В. Некоторые вопросы действия малых доз излучения /Р. В. Ставицкий, Л. А. Лебедев, А. В. Мехечеев // Мед. радиология и радиационная безопасность. – 2003. – №1. – С. 23-29.

38 Степанова Е. И. Генетические последствия облучения родителей для их потомства (обзор литературы) /Е. И. Степанова, Е. А. Сквирская //Врачебное дело. – 2001. – №2. – С. 23-28.

39 Тельнов В. И. Показатели генетической изменчивости и отбора у потомков облученных людей //Радиационная биология. Радиозэкология. – 2009. – Т. 49, №6. – С. 645-651.

40 Шабдарбаева Д. М. Иммунный статус лиц, подвергавшихся радиационному воздействию /Д. М. Шабдарбаева, Д. Е. Узбекиков, Е. В. Раханская //Proceedings of the II<sup>nd</sup> International Scientific and Practical Conference «The goals of the World Science 2016» (January 27-28, Dubai, UAE). – 2016. – Т. 3, №2 (6). – С. 57-60.

41 Шмаков Р. Г. Влияние химио- и лучевой терапии на репродуктивную функцию женщин / Р. Г. Шмаков, Т. Е. Самойлова //Акушерство и гинекология. – 2006. – №6. – С. 6-7.

42 Aghajanyan A. Transgenerational genomic instability in children of irradiated parents as a result of the Chernobyl Nuclear Accident /A. Aghajanyan, I. Suskov //Mutat. Res. – 2009. – V. 671, №1/2. – P. 52-57.

43 Akerman G. S. Alterations in gene expression profiles and the DNA-damage response in ionizing radiation-exposed TK6 cells /G. S. Akerman, B. A. Rosenzweig, O. E. Domon et al. // Environ. Mol. Mutagen. – 2005. – V. 45. – P. 188-205.

44 Bebeshko V. G. Evaluation of median survival patients with acute lymphoblastic leukemia exposed to ionizing radiation by the Chernobyl accident, depending on the aminoacid composition of stromal fibroblasts bone marrow and indicators of myelogram /V. G. Bebeshko, K. M. Bruslova, N. M. Tsvyetkova //Probl. Radiac. Med. Radiobiol. – 2015. – V. 20. – P. 311-318.

45 Bouville A. The chornobyl accident: estimation of radiation doses received by the Baltic and Ukrainian cleanup workers /A. Bouville,

- V. V. Chumak, P. D. Inskip //Radiat. Res. – 2006. – V. 166, №1/2. – P. 158-167.
- 46 Brent R. L. Saving lives and changing family histories: appropriate counseling of pregnant women and men and women of reproductive age, concerning the risk of diagnostic radiation exposures during and before pregnancy //Am. J. Obstet. Gynecol. – 2009. – V. 200, №1. – P. 4-24.
- 47 Buonanno M. Low-dose energetic protons induce adaptive and bystander effects that protect human cells against DNA damage caused by a subsequent exposure to energetic iron ions / M. Buonanno, S. M. De Toledo, R. W. Howell //J. Radiat. Res. – 2015. – V. 56, №3. – P. 502-508.
- 48 Chaizhunusova N. Biodosimetry study in Dolon and Chekoman villages in the vicinity of Semipalatinsk nuclear test site /N. Chaizhunusova, T. C. Yang, C. Land //J. Radiat. Res. – 2006. – V. 47. – P. 165-169.
- 49 Dainiak N. Inferences, risk modeling, and prediction of health effects of ionizing radiation //Health Phys. – 2016. – V. 110, №3. – P. 271-273.
- 50 Dudareva I. A. Flow analysis, pregnancy outcomes in the second generation of descendants, ancestors of whom were in the area of radiation exposure /I. A. Dudareva, V. A. Gur'eva //Vestn. Ross. Akad. Med. Nauk. – 2013. – №4. – P. 25-29.
- 51 Endo S. Neutron activation analysis for soils of Hiroshima City and Plaster under roof-tiles of Old Hiroshima House /S. Endo, Y. Taguchi, T. Imanaka //Revisit the Hiroshima A-bomb with a Database. – 2013. – V. 2. – P. 9-14.
- 52 Goel H. C. Protection of spermatogenesis in mice against gamma ray induced damage by *Hipophae rhamnoides* /H. C. Goel, N. Samanta, K. Kannan //Andrologia. – 2006. – V. 38, №6. – P. 199-207.
- 53 Gomes A. M. Paternal irradiation perturbs the expression of circadian genes in offspring /A. M. Gomes, R. C. Barber, Y. E. Dubrova //Mutat. Res. – 2015. – V. 775. – P. 33-37.
- 54 Goto A. Pregnancy and Birth Survey Group of Fukushima Health Management Survey. Immediate effects of the Fukushima nuclear power plant disaster on depressive symptoms among mothers with infants: a prefectural-wide cross-sectional study from the Fukushima Health Management Survey /A. Goto, E. J. Bromet, K. Fujimori //BMC Psychiatry. – 2015. – V. 15. – 59 p.
- 55 Grant E. J. A report from the 2013 international symposium: the evaluation of the effects of low-dose radiation exposure in the life span study of atomic bomb survivors and other similar studies / E. J. Grant, K. Ozasa, N. Ban //Health Phys. – 2015. – V. 108, №5. – P. 551-556.
- 56 Grudzenski S., Raths A., Conrad S. et al. Inducible response required for repair of low-dose radiation damage in human fibroblasts Grudzenski S., Raths A., Conrad S. et al. //Proc. Natl. Acad. Sci. USA. – 2010. – V. 107, №32. – P. 14205-14210.
- 57 Herrmann T. Offsprings of preconceptionally irradiated parents. Final report of a longitudinal study 1976–1994 and recommendations for patients' advisory /T. Herrmann, G. Thiede, K. R. Trott //Strahlenther Onkol. – 2004. – V. 180, №1. – P. 21-30.
- 58 Imanaka T. Reconstruction of local fallout composition and gamma-ray exposure in a village contaminated by the first USSR nuclear test in the Semipalatinsk nuclear test site in Kazakhstan /T. Imanaka, M. Yamamoto, K. Kawai et al. //Radiation and environmental biophysics. – 2010. – №49. – P. 673-684.
- 59 Little M. P. Risks associated with low doses and low dose rates of ionizing radiation: why linearity may be (almost) the best we can do /M. P. Little, R. Wakeford, E. J. Tawn //Radiology. – 2009. – V. 251, №1. – P. 6-12.
- 60 Namolovan L. Unusually the same –ray- and neutron-induced molecular changes revealed by PCR at the *Drosophila* black gene /L. Namolovan, I. Alexandrov, M. Alexandrova //Abstracts of the 3<sup>rd</sup> International Conference, Dedicated to N.W. Timofeeff Ressoovsky «Modern problems of genetics, radiobiology, radioecology and evolution». – Dubna, 2010. – P. 194-196.
- 61 Neronova E. Chromosome alterations in cleanup workers sampled after the Chernobyl accident /E. Neronova, N. Slozina, A. Nikiforov //Radiat. Res. – 2003. – №1. – P. 46-51.
- 62 Orlov M. Calculation of contact beta-particle exposure of biological tissue from the residual radionuclides in Hiroshima /M. Orlov, V. Stepanenko, I. Belukha //Health Physics. – 2014. – V. 107, №1. – 44 p.
- 63 Rakhypbekov T. Analysis of combined endocrine and cardiovascular disease in the offspring of the people exposed to radiation /T. Rakhypbekov, N. Chayzunusova, A. Saimova //The 20<sup>th</sup> Hiroshima International Symposium. Challenges to Estimation of Health Risks Due to Exposure to Radioactive Fallout. – Miyajima, 2016. – P. 234-238.
- 64 Redpath J. L. Neoplastic transformation in vitro: is it a valid assay or not for assessing the shape of the dose-response curve for radiation-induced cancer in vivo? //Health Phys. – 2011. – V. 100, №3. – P. 300-301.

65 Stepanenko V. F. Around Semipalatinsk nuclear test site: progress of dose estimations relevant to the consequences of nuclear tests /V. F. Stepanenko, M. Hoshi, I. K. Bailiff //J. Radiat. Res. – 2006. – V. 47. – P. 1-13.

66 Suit H. Secondary carcinogenesis in patients treated with radiation: a review of data on radiation-induced cancers in human, non-human primate, canine and rodent subjects /H. Suit, S. Goldberg, A. Niemierko //Radiat. Res. – 2007. – V. 167, №1. – P. 12-42.

67 Tesarik J. Sperm nuclear damage: update on the mechanism, diagnosis and treatment /J. Tesarik, R. Mendoza-Tesarik, C. Mendoza //Reprod. Biomed. Online. – 2006. – V. 12, №6. – P. 715-721.

68 Tubiana M. A new method of assessing the dose-carcinogenic effect relationship in patients exposed to ionizing radiation. A concise presentation of preliminary data /M. Tubiana, I. Diallo, J. Chavaudra et al. //Health Phys. – 2011. – V. 100, №3. – P. 296-299.

69 Vrijheid M. Ionizing radiation and risk of chronic lymphocytic leukemia in the 15-country study of nuclear industry workers /M. Vrijheid, E. Cardis, P. Ashmore //Radiat. Res. – 2008. – V. 170, №5. – P. 661-665

70 Wakeford R. Chernobyl and Fukushima – where are we now? //J. Radiol. Prot. – 2016. – V. 36, №2. – P. 1-5.

71 Weitz R. Reconstruction of beta-particle and gamma-ray doses from neutron activated soil at Hiroshima and Nagasaki //Health Physics. – 2014. – V. 107, №1. – 43 p.

72 Williams P. M. Health effects of prenatal radiation exposure / P. M. Williams, S. Fletcher //Am/ Fam. Physician. – 2010. – V. 82, №5. – P. 488-493.

### REFERENCES

1 Aleksandrov I. D. Radiacionnaja biologija strukturno raznyh genov Drosophila melanogaster. Soobshhenie 3. Gen Black. Obshhaja i molekularnaja harakteristika ego radiomutantnosti /I. D. Aleksandrov, L. N. Namolovan, M. V. Aleksandrova //Radiacionnaja biologija. Radiojokologija. – 2012. – T. 52, №5. – P. 453-466.

2 Apsalikov K. N. Jepidemiologicheskie markery radiacionnyh povrezhdenij sredi jeksponirovannogo radiaciej naselenija i ih potomkov v otdalennye sroki posle formirovanija doz obluchenija /K. N. Apsalikov, A. V. Lipihina, G. K. Koshpesova //Nauka i zdravoohranenie. – 2012. – №4. – P. 19-23.

3 Apsalikov K. N. Formirovanie bazy dannyh po izucheniju reproduktivnogo zdorov'ja naselenija Vostochno-Kazahstanskoj oblasti,

podvergshegosja radiacionnomu vozdeystviyu v rezul'tate ispytanij jadernogo oruzhija /K. N. Apsalikov, A. A. Sverdlov, B. I. Gusev //Med. radiol. i radiac. bezopasnost'. – 2006. – №5. – P. 29-30.

4 Gusev B. I. Izuchenie oposredovannogo vlijanija radiacionnogo faktora, a takzhe faktorov neradiacionnoj prirody na zdorov'e potomkov izuchaemyh rajonov, razrabotka kriteriev ocenki svjazi razlichnyh obshhesomatičeskikh i onkologičeskikh zaboŀevanij s izuchaemyimi vredonosnymi faktorami //Otchet NIR radiacionnoj mediciny i jekologii. – 2007.

5 Djusembaeva N. K. Mutacionnyj status naselenija kak kriterij jekologičeskoj obuslovlennoj patologii / N. K. Djusembaeva, M. A. Mukasheva, A. A. Adilbekova //Astana medicinal'nyj zhurnaly. – 2004. – №1. – P. 48-51.

6 Ermakov A. V. «DNK-signal'nyj» put', obespechivajushhij razvitie radiacionnogo jeffekta svidetelja v kletkah čeloveka /A. V. Ermakov, M. S. Kon'kova, S. V. Kostjuk //Radiacionnaja biologija. Radiojokologija. – 2011. – T. 51, №6. – P. 651-659.

7 Zhetpisbaev B. A. Jeffekty subletal'noj dozy  $\gamma$ -radiacii na provospalitel'nye citokiny i limfoidnye organy immunogeneza u potomkov I pokolenija /B. A. Zhetpisbaev, A. Sh. Kydyrmoldina, S. E. Myrzagulova //Vestn. KazNMU. – 2014. – №4. – P. 236-238.

8 Kenzhina L. B. Izuchenie polimorfizma genov-kandidatov predraspolozhennosti k serdečno-sosudistym zaboŀevanijam v gruppah radiacionnogo riska, predstavlenykh potomkami, rozhdennymi ot obluchennyh roditelej /L. B. Kenzhina, A. M. Adykanova, S. S. Zhakupova //Nauka i zdravoohranenie. – 2012. – №4. – P. 31-35.

9 Kopcakov A. V. Mnogofaktopnoe texnogennoe zagpjaznenie okpuzhajushhej cpedy kak faktor picka fopmipovanija citogenetičeskix napushenij u nacelenija //Vestnik Bpjanckogo gocudapctvennogo texničeskogo univepciteta. – 2014. – №2. – P. 155-160.

10 Ljaginskaja A. M. Vrozhdennye poroki razvitija u potomstva likvidatorov posledstvij avarii na chernobyl'skoj AJeS /A. M. Ljaginskaja, A. R. Turov, V. A. Osipov //Radiacionnaja biologija. Radiojokologija. – 2009. – T. 49, №6. – P. 694-702.

11 Madieva M. R. Medicinskie posledstvija obluchenija naselenija nizkimi dozami //Medicina i jekologija. – 2008. – №1. – P. 7-12.

12 Madieva M. R. Izmenenija sostojanij limfoidnyh organov immunogeneza v pozdnem periode posle dejstvija frakcionirovannoj dozy  $\gamma$ -izluchenija /M. R. Madieva, A. K. Musajnova, B. A. Zhetpisbaev //Nauka i zdravoohranenie. – 2014. – №2. – P. 22-24.



- 13 Mazupik V. K. Pol' peguljatopnyx cetej otveta kletok na povpezhdenija v fopmipovanii padiaционnyx jeffektov //Padiacionnaja biologija. Radiojekologija. – 2005. – Т. 45, №1. – P. 26-45.
- 14 Malashenko V. A. Mediko-social'nye problemy territorij, postradavshih ot avarii na Chernobyl'skoj AJeS. //Mater. mezhdunar. nauch.-prakt. konf. «Chernobyl' – 20 let spustja. Social'no-jekonomicheskie problemy i perspektivy razvitija postradavshih territorij». – Brjansk, 2005. – P. 142-144.
- 15 Malyshev V. P. Uroki preodolenija posledstvij chernobyl'skoj katastrofy: 25 let spustja //Strategija grazhdanskoj zashhity: problemy i issledovanija. – 2014. – Т. 4, №2. – P. 559-568.
- 16 Mel'nov S. B. Molekuljarno-geneticheskie otdalennye jeffekty u likvidatorov 1986-1987 gg. /S. B. Mel'nov, T. V. Shimanec, K. N. Aderiho //Ezhegodnik «Jekologicheskaja antropologija». – 2002. – P. 263-266.
- 17 Moskalev A. A. Geneticheskie issledovanija vlijanija ionizirujushhej radiacii v malyh dozah na prodolzhitel'nost' zhizni //Radiacionnaja biologija. Radiojekologija. – 2008. – Т. 48, №2. – P. 139-145.
- 18 Muldagaliev T. Zh. Dinamika rasprostranennosti zabolevanij sredi naselenija Borodulihinskogo rajona Vostochno-Kazahstanskoj oblasti v otdalennom periode posle radiacionnogo vozdeystvija v rezul'tate ispytanij jadernogo oruzhija na Semipalatinskom ispytatel'nom jadernom poligone / T. Zh. Muldagaliev, A. E. Mansarina, V. Zh. Oraltaeva //Nauka i zdravoohranenie. – 2012. – №4. – P. 23-25.
- 19 Muhametzhonov A. M. Vlijanie malyh doz obluchenija na zdorov'e naselenija, prozhivajushhego na territorii Semipalatinskogo poligona //Medicina i jekologija. – 2008. – №2 (47). – P. 31-36.
- 20 Pavlov A. S. Kletka, radiacija i kancero-genez //Rossijskij onkologicheskij zhurnal. – 2012. – №2. – P. 54-56.
- 21 Pavlova S. A. Rasprostranennost' i prichiny besplodija u zhenshin, rabotajushhih na AJeS /S. A. Pavlova, T. I. Bugrova, A. M. Ljaginskaja //Sb. st. k 20-letnemu jubileju Instituta povyshenija kvalifikacii FMBA. – M., 2008. – P. 139-140.
- 22 Palyga G. F. Posledstvija dlja reproduktivnoj funkcii odnokratnogo obluchenija v nesterilizujushhej doze antenatal'nyh i polovozrelyh jaichnikov krys Vistar /G. F. Palyga, O. F. Chibisova, V. L. Ivanov //Radiacija i risk. – 2008. – Т. 17, №3. – P. 46-53.
- 23 Pelevina I. I. Izmenenie radiochuvstvitel'nosti limfocitov krovi cheloveka posle obluchenija v malyh dozah /I. I. Pelevina, A. V. Aleshhenko, M. M. Antoshhina //Radiacionnaja biologija. Radiojekologija. – 2012. – Т. 52, №5. – P. 481-486.
- 24 Rahypbekov T. K. Donozologicheskaja diagnostika i profilaktika boleznej sistemy krovoobrashhenija u lic, podvergavshijsja vozdeystviju radiacionnogo faktora, na osnove izuchenija gennogo polimorfizma /T. K. Rahypbekov, T. A. Adylhanov, A. K. Musahanova //Nauka i zdravoohranenie. – 2012. – №3. – P. 18-20.
- 25 Rahypbekov T. K. Ocenka rezul'tatov sociologicheskogo issledovanija zhitelej, podvergavshijsja radiacionnomu vozdeystviju na SIJaP /T. K. Rahypbekov, Zh. B. Bazarbek, A. K. Musahanova //Nauka i zdravoohranenie. – 2010. – №1. – P. 140-141.
- 26 Rahypbekov T. K. Radiacionnobiologicheskij jeksperiment na komplekse issledovatel'skih reaktorov «Bajkal-1» /T. K. Rahypbekov, M. Hoshi, V. F. Stepanenko //Chelovek. Jenergija. Atom. – 2015. – №2 (24). – P. 43-45.
- 27 Uzbekov D. E. Gamma-səuleniň əserine ƣshyraƣan egeuƣjryƣtardyň I-shi ƣraƣunyň immunduƣ ƣabiletti aƣzalaryndaƣy almasu ƣrdisteriniň zhasyna ƣaraj əzgerisi: dis. ...mag. med. nauk. – Semej, 2013. – 6 p.
- 28 Uzbekov D. E. Gamma-səuleniň əserine ƣshyraƣan egeuƣjryƣtardyň I-shi ƣraƣunyň immunduƣ ƣabiletti aƣzalaryndaƣy almasu ƣrdisindegi əzgerisi /D. E. Uzbekov, B. A. Zhetpisbaev, O. Z. Il'derbaev //Nauka i zdravoohranenie. – 2013. – №2. – P. 61-63.
- 29 Uzbekov D. E. 60Co əserine ƣshyraƣan egeuƣjryƣtardyň ər tyrlı zhasatƣy ƣraƣunyň zhiňishke ishek limfa tyjinderindegi jenergija almasu ƣrdisiniň salystyrmaly sipattamasy /D. E. Uzbekov, O. Z. Il'derbaev, D. M. Shabdarbaeva //Nauka i zdravoohranenie. – 2015. – №2. – P. 72-81.
- 30 Uzbekov D. E. Sostojanie obmennyh processov v organah potomkov krys, podvergnutyh vozdeystviju ƣ-izluchenija / D. E. Uzbekov, O. Z. Il'derbaev, D. M. Shabdarbaeva //Nauka i zdravoohranenie. – 2016. – №3. – P. 79-82.
- 31 Uzbekov D. E. Vlijanie padiacionnogo izluchenija na immunnuju cictemu /D. E. Uzbekov, Y. O. Kajpxanova, M. Hoshi //Mezhdunar. zhurn. prikladnyh nauk i fundamental'nyh issledovanij. – 2016, – №8 (4). – P. 538-541.
- 32 Uzbekov D. E. ƣ-səule əserine ƣshyraƣan egeuƣjryƣtardyň I-shi ƣraƣunyň immunduƣ ƣabiletti aƣzalaryndaƣy lipidterdiň askyn totyƣy zhaƣdajy /D. E. Uzbekov, N. Zh. Chajzhunucova, D. M. Shabdapbaeva //Nauka i zdravoohranenie. – 2014. – №6. – P. 41-43.
- 33 Uzbekov D. E. Səulelendirilgen egeuƣjryƣtardyň I-shi ƣraƣunyň immunduƣ

қабилетти ағзаларындағы алмасу үрдістерінің заһаджы /D. E. Uzbekov, D. M. Shabdarbaeva, N. B. Sajakenov //Nauka i zdravoohranenie. – 2014. – №6. – P. 38-41.

34 Uzbekov D. E. Гамма-сәуленің әсеріне ұшыраған егеуқұйрықтардың I-shi ұрағының им-мундық қабилетти ағзаларындағы женергия алмасу үрдісінің зһасына қарай өзгерісі /D. E. Uzbekov, G. S. Shalgymbaeva, A. K. Musajnova //Nauka i zdavoohpanenie. – 2013. – №4. – P. 75-77.

35 Utkin K. V. Ustanovlenie geneticheskikh markerov ustojchivosti i chuvstvitel'nosti cheloveka k radiacionnomu vozdejstviju /K. V. Utkin, I. A. Kofiadi, E. I. Bateneva //Immunologija. – 2013. – №2. – P. 80-84.

36 Smirnova S. G. Monitoring chastoty limfocitov, mutantnyh po genam T-kletochного receptora, u likvidatorov posledstvij avarii na ChAJeS v otdaljonnyj postradiacionnyj period /S. G. Smirnova, N. V. Orlova, I. A. Zamulaeva //Radiacija i risk. – 2012. – T. 21, №1. – P. 20-29.

37 Stavickij R. V. Nekotorye voprosy dejstvija malyh doz izlucheniya /R. V. Stavickij, L. A. Lebedev, A. V. Mehecheev //Med. radiologija i radiacionnaja bezopasnost'. – 2003. – №1. – P. 23-29.

38 Stepanova E. I. Geneticheskie posledstvija oblucheniya roditelej dlja ih potomstva (obzor literatury) /E. I. Stepanova, E. A. Skvirskaja //Vrachebnoe delo. – 2001. – №2. – P. 23-28.

39 Tel'nov V. I. Pokazateli geneticheskoy izmenchivosti i otbora u potomkov obluchennyh ljudej //Radiacionnaja biologija. Radiojekologija. – 2009. – T. 49, №6. – P. 645-651.

40 Shabdarbaeva D. M. Immunnyj status lic, podvergavshihsja radiacionnomu vozdejstviju /D. M. Shabdarbaeva, D. E. Uzbekov, E. V. Rahanskaja //Proceedings of the IInd International Scientific and Practical Conference «The goals of the World Science 2016» (January 27-28, Dubai, UAE). – 2016. – T. 3, №2 (6). – P. 57-60.

41 Shmakov R. G. Vlijanie himio- i luchevoj terapii na reproduktivnuju funkciju zhenshhin /R. G. Shmakov, T. E. Samojlova //Akusherstvo i ginekologija. – 2006. – №6. – P. 6-7.

42 Aghajanyan A. Transgenerational genomic instability in children of irradiated parents as a result of the Chernobyl Nuclear Accident /A. Aghajanyan, I. Suskov //Mutat. Res. – 2009. – V. 671, №1/2. – P. 52-57.

43 Akerman G. S. Alterations in gene expression profiles and the DNA-damage response in ionizing radiation-exposed TK6 cells /G. S. Akerman, B. A. Rosenzweig, O. E. Domon et al. //Environ. Mol. Mutagen. – 2005. – V. 45. – P. 188-205.

44 Bebeshko V. G. Evaluation of median survival patients with acute lymphoblastic leuke-

mia exposed to ionizing radiation by the Chernobyl accident, depending on the aminoacid composition of stromal fibroblasts bone marrow and indicators of myelogram /V. G. Bebeshko, K. M. Bruslova, N. M. Tsvyetskova //Probl. Radiac. Med. Radiobiol. – 2015. – V. 20. – P. 311-318.

45 Bouville A. The chernobyl accident: estimation of radiation doses received by the Baltic and Ukrainian cleanup workers /A. Bouville, V. V. Chumak, P. D. Inskip //Radiat. Res. – 2006. – V. 166, №1/2. – P. 158-167.

46 Brent R. L. Saving lives and changing family histories: appropriate counseling of pregnant women and men and women of reproductive age, concerning the risk of diagnostic radiation exposures during and before pregnancy //Am. J. Obstet. Gynecol. – 2009. – V. 200, №1. – P. 4-24.

47 Buonanno M. Low-dose energetic protons induce adaptive and bystander effects that protect human cells against DNA damage caused by a subsequent exposure to energetic iron ions /M. Buonanno, S. M. De Toledo, R. W. Howell //J. Radiat. Res. – 2015. – V. 56, №3. – P. 502-508.

48 Chaizhunusova N. Biodosimetry study in Dolon and Chekoman villages in the vicinity of Semipalatinsk nuclear test site /N. Chaizhunusova, T. C. Yang, C. Land //J. Radiat. Res. – 2006. – V. 47. – P. 165-169.

49 Dainiak N. Inferences, risk modeling, and prediction of health effects of ionizing radiation //Health Phys. – 2016. – V. 110, №3. – P. 271-273.

50 Dudareva I. A. Flow analysis, pregnancy outcomes in the second generation of descendants, ancestors of whom were in the area of radiation exposure /I. A. Dudareva, V. A. Vestn. Ross. Akad. Med. Nauk. – 2013. – №4. – P. 25-29.

51 Endo S. Neutron activation analysis for soils of Hiroshima City and Plaster under roof-tiles of Old Hiroshima House /S. Endo, Y. Taguchi, T. Imanaka //Revisit the Hiroshima A-bomb with a Database. – 2013. – V. 2. – P. 9-14.

52 Goel H. C. Protection of spermatogenesis in mice against gamma ray induced damage by Hipophae rhamnoides /H. C. Goel, N. Samanta, K. Kannan //Andrologia. – 2006. – V. 38, №6. – P. 199-207.

53 Gomes A. M. Paternal irradiation perturbs the expression of circadian genes in offspring /A. M. Gomes, R. C. Barber, Y. E. Dubrova //Mutat. Res. – 2015. – V. 775. – P. 33-37.

54 Goto A. Pregnancy and Birth Survey Group of Fukushima Health Management Survey. Immediate effects of the Fukushima nuclear pow-

- er plant disaster on depressive symptoms among mothers with infants: a prefectural-wide cross-sectional study from the Fukushima Health Management Survey /A. Goto, E. J. Bromet, K. Fujimori //BMC Psychiatry. – 2015. – V. 15. – 59 p.
- 55 Grant E. J. A report from the 2013 international symposium: the evaluation of the effects of low-dose radiation exposure in the life span study of atomic bomb survivors and other similar studies / E. J. Grant, K. Ozasa, N. Ban //Health Phys. – 2015. – V. 108, №5. – P. 551-556.
- 56 Grudzenski S., Raths A., Conrad S. et al. Inducible response required for repair of low-dose radiation damage in human fibroblasts Grudzenski S., Raths A., Conrad S. et al. //Proc. Natl. Acad. Sci. USA. – 2010. – V. 107, №32. – P. 14205-14210.
- 57 Herrmann T. Offsprings of preconceptionally irradiated parents. Final report of a longitudinal study 1976–1994 and recommendations for patients' advisory /T. Herrmann, G. Thiede, K. R. Trott //Strahlenther Onkol. – 2004. – V. 180, №1. – P. 21-30.
- 58 Imanaka T. Reconstruction of local fallout composition and gamma-ray exposure in a village contaminated by the first USSR nuclear test in the Semipalatinsk nuclear test site in Kazakhstan /T. Imanaka, M. Yamamoto, K. Kawai et al. //Radiation and environmental biophysics. – 2010. – №49. – P. 673-684.
- 59 Little M. P. Risks associated with low doses and low dose rates of ionizing radiation: why linearity may be (almost) the best we can do /M. P. Little, R. Wakeford, E. J. Tawn //Radiology. – 2009. – V. 251, №1. – P. 6-12.
- 60 Namolovan L. Unusually the same –ray- and neutron-induced molecular changes revealed by PCR at the Drosophila black gene /L. Namolovan, I. Alexandrov, M. Alexandrova //Abstracts of the 3rd International Conference, Dedicated to N.W. Timofeeff Ressonovsky «Modern problems of genetics, radiobiology, radioecology and evolution». – Dubna, 2010. – P. 194-196.
- 61 Neronova E. Chromosome alterations in cleanup workers sampled after the Chernobyl accident /E. Neronova, N. Slozina, A. Nikiforov //Radiat. Res. – 2003. – №1. – P. 46-51.
- 62 Orlov M. Calculation of contact beta-particle exposure of biological tissue from the residual radionuclides in Hiroshima /M. Orlov, V. Stepanenko, I. Belukha //Health Physics. – 2014. – V. 107, №1. – 44 p.
- 63 Rakhypbekov T. Analysis of combined endocrine and cardiovascular disease in the offspring of the people exposed to radiation /T. Rakhypbekov, N. Chayzunusova, A. Saimova //The 20th Hiroshima International Symposium. Challenges to Estimation of Health Risks Due to Exposure to Radioactive Fallout. – Miyajima, 2016. – P. 234-238.
- 64 Redpath J. L. Neoplastic transformation in vitro: is it a valid assay or not for assessing the shape of the dose-response curve for radiation-induced cancer in vivo? //Health Phys. – 2011. – V. 100, №3. – P. 300-301.
- 65 Stepanenko V. F. Around Semipalatinsk nuclear test site: progress of dose estimations relevant to the consequences of nuclear tests /V. F. Stepanenko, M. Hoshi, I. K. Bailiff //J. Radiat. Res. – 2006. – V. 47. – P. 1-13.
- 66 Suit H. Secondary carcinogenesis in patients treated with radiation: a review of data on radiation-induced cancers in human, non-human primate, canine and rodent subjects /H. Suit, S. Goldberg, A. Niemierko //Radiat. Res. – 2007. – V. 167, №1. – P. 12-42.
- 67 Tesarik J. Sperm nuclear damage: update on the mechanism, diagnosis and treatment /J. Tesarik, R. Mendoza-Tesarik, C. Mendoza //Reprod. Biomed. Online. – 2006. – V. 12, №6. – P. 715-721.
- 68 Tubiana M. A new method of assessing the dose-carcinogenic effect relationship in patients exposed to ionizing radiation. A concise presentation of preliminary data /M. Tubiana, I. Diallo, J. Chavaudra et al. //Health Phys. – 2011. – V. 100, №3. – P. 296-299.
- 69 Vrijheid M. Ionizing radiation and risk of chronic lymphocytic leukemia in the 15-country study of nuclear industry workers /M. Vrijheid, E. Cardis, P. Ashmore //Radiat. Res. – 2008. – V. 170, №5. – P. 661-665
- 70 Wakeford R. Chernobyl and Fukushima – where are we now? //J. Radiol. Prot. – 2016. – V. 36, №2. – P. 1-5.
- 71 Weitz R. Reconstruction of beta-particle and gamma-ray doses from neutron activated soil at Hiroshima and Nagasaki //Health Physics. – 2014. – V. 107, №1. – 43 p.
- 72 Williams P. M. Health effects of prenatal radiation exposure / P. M. Williams, S. Fletcher //Am/ Fam. Physician. – 2010. – V. 82, №5. – P. 488-493.

Поступила 12.12.2016 г.

## Обзоры литературы

---

*D. E. Uzbekov, D. M. Shabdarbaeva*

*RADIATION-INDUCED INJURIES OF CELLULAR STRUCTURE AND GENETIC APPARATUS*

*Department of pathological anatomy and forensic medicine of Semey state medical university (Semey, Kazakhstan)*

Materials of long-term medical research carried out among the persons living in areas of Semipalatinsk region, located in the radiation risk zone, as well as a large number of observations obtained from the experience of Japanese and American researchers have gained the explosion of atomic bombs in Hiroshima and Nagasaki, and physician results, analyzing the consequences of the Chernobyl accident, it allowed to establish the main vulnerable systems irradiated organism, among which particular interest attaches genetic apparatus. Scientists have come to the conclusion that one of the most important effects of exposure to  $\gamma$ -radiation on human is the emergence not only of such violations as the sterility, gonads tumors, but also damage the genetic apparatus of germ cells determining the transmission of hereditary diseases in a number of subsequent generations.

It is known that one of the main neutron-activated radionuclides contributing to the  $\gamma$ - and  $\beta$ -radiation for atomic bomb survivors in Hiroshima and Nagasaki were considered  $^{60}\text{Co}$  and  $^{56}\text{Mn}$ . The dominant role of neutron-activated radionuclid  $^{56}\text{Mn}$  was observed in Japanese scientists works who has studied the atomic bombing effects. Thereby, currently particular interest is a comparative assessment of neutron- and  $\gamma$ -radiation on cellular structure and genetic apparatus.

*Key words:* ionizing radiation, cellular destruction, genomic instability, DNA damage, progeny

*Д. Е. Узбеков, Д. М. Шабдарбаева*

*РАДИАЦИОННО-ИНДУЦИРОВАННЫЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ КЛЕТочНОЙ СТРУКТУРЫ И ГЕНЕТИЧЕСКОГО АППАРАТА*

*Кафедра патологической анатомии и судебной медицины Государственного медицинского университета г. Семей (Семей, Казахстан)*

Материалы многолетних медицинских исследований, проведенных среди лиц, проживающих в районах Семипалатинской области, расположенных в зонах радиационного риска, а также большого числа наблюдений, полученных на опыте японских и американских исследователей, накопленном после взрыва бомб в Хиросиме и Нагасаки, и результатах врачей, анализирующих последствия аварии на Чернобыльской атомной электростанции, позволили установить основные уязвимые системы облученного организма, среди которых особый интерес придает генетическому аппарату. Ученые пришли к заключению, что одним из важнейших эффектов воздействия  $\gamma$ -излучения на человека является возникновение бесплодия, опухолей гонад, повреждения генетического аппарата половых клеток, обуславливающее передачу наследственной патологии в ряд последующих поколений.

Известно, что одним из основных нейтронно-активированных радионуклидов, способствующих  $\gamma$ - и  $\beta$ -излучению для переживших атомную бомбардировку в Хиросиме и Нагасаки считались  $^{60}\text{Co}$  и  $^{56}\text{Mn}$ . Доминирующая роль нейтронно-активированного радионуклида  $^{56}\text{Mn}$  отмечалась в трудах японских ученых, изучавших последствия атомной бомбардировки. В связи с этим в настоящее время особый интерес представляет проведение сравнительной оценки воздействия  $\gamma$ - и нейтронного излучения на клеточную структуру и генетический аппарат.

*Ключевые слова:* ионизирующее излучение, клеточная деструкция, геномная нестабильность, повреждение ДНК, потомство